

Aproximación a la contribución de la Universidad europea al conocimiento y progreso técnico del ferrocarril

The contribution of European Universities to the knowledge and technical progress of railways

Andrés López Pita. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Catedrático de Ferrocarriles. E.T.S. Ingenieros de Caminos de Barcelona. andres.lopez-pita@upc.es

Resumen: El presente artículo tiene por finalidad analizar el papel jugado por la universidad, a nivel europeo, en el conocimiento y el progreso del ferrocarril. Se analiza la contribución realizada en el ámbito de la producción de libros técnicos y también de las aportaciones realizadas, tomándolo como indicador las tesis doctorales llevadas a cabo. No se pretende comparar la actividad de cada universidad, sino poner de relieve que el ferrocarril ha encontrado en ella, desde sus inicios, un eficaz aliado.

Palabras Clave: Ferrocarril; Libros; Investigación; Tesis doctoral; Universidad

Abstract: This article analyses the role of University at European Level in the knowledge and progress of railways. It analyses the contribution of University to the production of technical books, as well as its valuable input through doctoral thesis. Rather than comparing the activity developed by each University in this field, this article highlights the efficient ally that University has been for railways since its early times.

Keywords: Railways; Books; Research; Doctoral thesis; University

1. Introducción

En febrero de 1980, la Revista de Obras Públicas publicó un número monográfico dedicado a la Escuela de Ingenieros de Caminos de Barcelona. Algunos profesores que desarrollábamos en aquel momento nuestra actividad docente en ella, preparamos una serie de artículos que fueron incluidos en la citada publicación. De forma concreta elaboré el que llevó por título: «La investigación ferroviaria y su relación con la Universidad».

Transcurridos 30 años desde la aparición del citado artículo, he considerado que podría ser de interés analizar la situación actual de la referida temática enmarcándola, no obstante, en un ámbito más general como es la contribución de la Universidad europea al conocimiento y progreso técnico del ferrocarril, en un momento temporal en el que este modo de transporte ha adquirido una nueva relevancia. Sin duda la implementación de los servicios de alta velocidad, por un lado, y la calidad en general, de los servicios de

cercanías, por otro, son los segmentos de mercado que mejor representan esta nueva realidad del ferrocarril del siglo XXI.

2. Apunte histórico del desarrollo del ferrocarril en Europa

Con objeto de situar temporalmente las diferentes contribuciones realizadas en cada país por la Universidad, es útil recordar con brevedad el momento de la construcción y explotación de las primeras líneas en los principales países europeos. En su libro «Historia del ferrocarril» Erwin Berghaus explicita la longitud y año de aparición de las citadas líneas (cuadro 1).

Se hace notar que cuando el ferrocarril se introdujo en España, veintitrés años después de su aparición en Gran Bretaña, este país contaba ya con más de 10.000 km de líneas. Alemania, en donde el ferrocarril llegó en 1835, disponía ya, en 1848, de 6.000 km. Por su parte, Francia tenía 3.000 km de líneas.

Cuadro 1. Primeras líneas de ferrocarril en Europa

País	Línea	Longitud (km)	Año
Inglaterra	Stockton-Darlington	44	1825
Francia	St. Etienne-Lyon	56	1832
Bélgica	Bruselas-Malinas	17	1835
Alemania	Nuremberg-Fürth	6	1835
Holanda	Amsterdam-Haarlem	18	1839
Italia	Nápoles-Portici	8	1839
Suiza	Zurich-Baden	24	1847
Dinamarca	Copenhague-Roskilde	30	1847
España	Barcelona-Mataró	28	1848
Suecia	Nora-Ervalla	15	1856
Portugal	Lisboa-Carregado	36	1856

Fuente: Adaptado de E. Berghaus (1960)

3. La contribución al conocimiento de la técnica ferroviaria

A lo largo de la historia del ferrocarril, la publicación de documentos técnicos en revistas especializadas o en forma de libros, ha sido numerosísima. No resulta posible, por tanto, en el marco de un artículo, referirse en profundidad a tan ingente documentación. Nuestro objetivo será mencionar y analizar algunas de las publicaciones que, en forma de libros, vieron la luz desde la llegada del ferrocarril al sistema de transportes, y que podrían considerarse como las de mayor relevancia. En paralelo poner de manifiesto en que medida la Universidad participó en la difusión del conocimiento a través de los citados libros.

Cuadro 2. Algunos libros sobre la técnica del ferrocarril en el siglo XIX

Autor	Título	Año
George D. Dempsey	The practical railway engineer	1847
T. Baker	Railway engineering or field work preparatory to the construction of railways	1848
J.W.C. Haldane	Railway engineering, mechanical and electrical	1897
L. Vuillemin, L. Guebhard C. Dieudonne	Chemins de fer: de la resistance des trains et de la puissance des machines	1868
F. Jacqmin	De l'exploitation des chemins de fer.	1868
Ch. Goschler	Traité pratique de l'entretien et de l'exploitation des chemins de fer	1865-1868

Fuente: A. López Pita (2010)

3.1. Siglo XIX

El mismo año en que se inauguró la primera línea de ferrocarril entre Stockton y Darlington, apareció el libro publicado por el ingeniero civil Thomas Tredgold, bajo el título: «A practical treatise on railroads and carriages», en el cual, a lo largo de sus 184 páginas, se abordaban aspectos tanto técnicos como económicos. Cabe pues considerar que este libro fue, quizás, el primero de una cierta entidad sobre la ingeniería de ferrocarriles. Diez años más tarde, en 1835, se publicaría la segunda edición del libro. Es indudable la notable repercusión que tuvo, de tal manera que no sorprende que fuese traducido al francés.

En 1834, es decir, dos años después de la apertura de la primera línea ferroviaria en Francia entre Lyon y St. Etienne, Edouard Biot, publicó el «Manuel du constructeur du chemin de fer» que también denominó como «Essai sur les principes généraux de l'art de construire les chemins de fer». En su presentación, el autor francés justificó la pertinencia de su libro en base, por un lado, a no existir en Francia una obra práctica sobre el ferrocarril, y por otra parte a que el Tratado de T. Tredgold (publicado en 1825) se había quedado anticuado por los avances producidos en el ámbito de la construcción de líneas de ferrocarril.

Es de interés recordar que E. Biot era hijo del célebre matemático y físico Jean-Baptiste Biot, y que fue uno de los ingenieros, junto con Marc Seguin, que construyó la primera línea de ferrocarril en Francia. Precisamente, este último autor publicó en 1839 su libro «De l'influence des chemins de fer et de l'art de les tracer et de les construire». Debe hacerse notar que abordaba también en él cuestiones relacionadas con el material ferroviario, especialmente las referidas a las locomotoras y a los vagones.

En la segunda mitad del siglo XIX, un cierto número de libros sobre la técnica y la economía del ferrocarril fueron publicados. Algunos de ellos se mencionan explícitamente en el cuadro 2. Los libros franceses presentan algunas singularidades que consideramos de interés destacar.

El primero de los libros citados en el cuadro 2, firmado por tres ingenieros de la Compañía de Ferrocarriles del Este de Francia, fue el resultado del concurso convocado por la Sociedad de Ingenieros Civiles de dicho país, en respuesta a la petición formulada por Auguste Perdonnet en octubre de 1864.

Nacido en París en 1801, y antiguo alumno de l'École Polytechnique, este ilustre ingeniero llegó a ser profesor y Director de l'École Impériale Centrale des Arts et Manufactures, Administrador delegado de los Ferrocarriles del Este de Francia y Presidente de la Sociedad de Ingenieros Civiles de Francia. De sus publicaciones cabe destacar la Monografía que recogió su intervención en la Asociación Politécnica, en 1832, bajo el título: «Avantages des chemins de fer comparés aux autres voies de communication artificielle» y su libro, en 1855, «Traité élémentaire des Chemins de Fer», en dos volúmenes, que sería objeto de diversas ediciones en años posteriores. En 1865 llegó a su tercera versión.

Poco antes, en octubre de 1864, A. Perdonnet escribió al Presidente de la Sociedad de Ingenieros Civiles una carta, parte de la cual se reproduce a continuación:

«Monsieur le President,

Depuis bien des années, je me propose de faire des expériences dans le but d'éclaircir quelques points obscurs de la théorie des résistances sur le chemin de fer y de la force développée par les locomotives. Le temps m'a toujours fait défaut pour réaliser ce projet. Trop vieux maintenant, j'y renonce. Je legue cet héritage à des plus jeunes, et pour les encourager à l'accepter, je viens offrir à la Société des ingénieurs civils un prix de deux mille francs, représenté par une médaille d'or à l'effigie de George Stephenson y de Seguin aîné, que serait décerné par une commission choisie dans le sein de la Société à l'auteur des expériences faites dans un délai de deux années...»

Los trabajos debían presentarse el 1 de mayo de 1867. El galardón fue otorgado a la memoria presentada por los ingenieros de la Compañía de Ferrocarriles del Este de Francia, Vuillemin, Guebhard y Dieudonné. Memoria que dio lugar a la publicación en 1868 del libro mencionado en el cuadro 2. Como referencia, A. Perdonnet murió el 27 de septiembre de 1867.

Por lo que se refiere al segundo libro francés mencionado en el cuadro 2, el publicado por F. Jacqmin, es de interés señalar que su contenido, distribuido en 2 volúmenes, se correspondía con las lecciones impartidas por el autor durante 1867 en la denominada «École Impériale des Ponts et Chaussées».

Además de profesor en esta Escuela, el autor era Director de Explotación de los Ferrocarriles del Este de Francia.

Finalmente y por lo que respecta al tercero de los libros franceses, se destaca el publicado por Charles Goschler en 1865, bajo el título «Traité pratique de l'entretien et de l'exploitation des chemins de fer», en varios volúmenes. Su contenido es de gran interés, pues se planteaba cuestiones tan relevantes como la siguiente: ¿Si, en el caso de una línea a doble vía, la explotación se hacía inicialmente en vía única, deberían construirse inmediatamente los terraplenes y las obras de fábrica para una o para dos vías? En otro ámbito proporcionaba cuadros de precios para la construcción de una línea. Se hace notar que el autor era «Ancien élève de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures», por lo que previsiblemente la citada publicación iba destinada, al menos en parte, a las enseñanzas sobre el ferrocarril en dicha escuela.

La exposición realizada hasta el momento pone de relieve el origen y el destino principal de los primeros libros sobre la técnica ferroviaria. Por un lado, su elaboración fue realizada por los ingenieros que participaron en la construcción de las primeras líneas o en la explotación de las mismas. Por otro lado y de forma precisa en Francia, dos centros: L'Ecole Impériale des Ponts et Chaussées y L'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, fueron los que desarrollaron una importante tarea en el conocimiento y en la difusión de este modo de transporte.

3.2. Primera mitad del siglo XX (1900-1965)

Al comenzar el pasado siglo, el ferrocarril había adquirido ya un gran desarrollo en el mundo, extendiéndose por los cinco continentes. El ingeniero Tomás de Alberti, en su libro «Manual de construcción y explotación de ferrocarriles», publicado en 1924, señalaba que en 1917 la red ferroviaria mundial superaba el millón de kilómetros, con la distribución geográfica indicada en el cuadro 3.

Nótese como, en términos absolutos, (las cifras indicadas están redondeadas) América era el continente con mayor número de kilómetros de ferrocarril, superior en un 50% a la red europea. Referida a la superficie de cada continente, Europa contaba con un indicador relativo más elevado, mientras que en relación con la población la situación era la contraria, da-

Cuadro 3. Extensión de la red ferroviaria mundial en enero de 1917

Continente	Longitud Ferroviaria (1)	Superficie (2)	Población (millones de habitantes) (3)	(1) (2) Índice	(1) (3) Índice
Europa	357	9.7	337,5	100	100
América	563	39.6	133,1	38	400
Asia	106	37.6	761,3	7	13
África	30	9.7	46,1	8	63
Oceanía	38	11.4	43,7	9	83
	(1) Miles de km	(2) Millones de km2			

Fuente: Adaptado de Tomás de Alberti (1924).

do que América tenía un ratio cuatro veces superior al de Europa.

En el continente europeo, los países con mayor extensión eran: Alemania, Francia, Gran Bretaña, Italia, España, Suecia, Bélgica, Suiza y Holanda (sin tener en cuenta a Rusia y Austria-Hungría, Bosnia-Herzegovina). A continuación mencionaremos algunas de las principales contribuciones, en forma de libros, de los países más activos en el periodo temporal considerado.

3.2.1. Alemania

En el cuadro 4 se explicitan algunas de las publicaciones del período comprendido entre 1900 y 1954, a

las que hemos tenido acceso. El primero de los libros mencionados en el cuadro 4 estuvo dedicado al mantenimiento y la gestión de los ferrocarriles. El segundo, sobre la tracción eléctrica, fue traducido al francés, versión que hemos consultado. Se centró en los aspectos referidos a los proyectos y a la construcción. El primer capítulo aborda las resistencias que se oponen al movimiento de los vehículos a tracción eléctrica; el segundo, analiza los motores tanto en corriente continua como alterna; es el capítulo octavo, el que se dedica de forma más específica, a las instalaciones eléctricas en las líneas de ferrocarril.

El tercer libro mencionado en el cuadro 4 fue escrito por dos profesores de la Universidad de Hannover y abordó la temática del «tráfico y la gestión de los ferrocarriles». Interesante resulta el libro de Schau, profesor de la Universidad de Essen centrado en la construcción de ferrocarriles. Nos referiremos, finalmente, al conocido libro de Gerhard Schramm sobre «Curvas de vía: su configuración geométrica y construcción». Algunos años más tarde (1961) este autor publicó un libro sobre la técnica y la economía del ferrocarril, que mencionaremos posteriormente.

3.2.2. Bélgica

La literatura técnica que hemos podido consultar nos permite poner de manifiesto la relevante contribución que efectuó la Universidad de este país al conocimiento técnico del ferrocarril. En el cuadro 5, se explicitan las publicaciones mas importantes.

Una característica común a cada una de ellas es su calidad, constituyendo verdaderos libros de referencia algunos de ellos, configurados en varios tomos y con diversas ediciones. A título indicativo el Curso de

Cuadro 4. Algunas publicaciones de libros técnicos de ferrocarril en Alemania (1900-1954)

Título-Año-Autor	Observaciones
Unterhaltung und betrieb - Der Eisenbahnen (1901) Blum, Borries, Barkhauser	—
Elektrotraktion (1908) G. Stattler	—
Verkehr und Betrieg der Eisenbahnen O. Blum (1), G. Jacobi, K. Risch (1)	(1) Profesores en la Universidad de Hannover
Der Eisenbahnoberbau im Deutschen Reich Heinrich Saller	—
Eisenbahnau (1935) A. Schau (1)	(1) Universidad de Essen
Der Gleisbogen. Seine geometrische und bauliche Gestaltung (1954) Gerhard Schramm	—

Fuente: A. López Pita (2010).

Explotación de Ferrocarriles de U. Lamalle se estructura en cuatro volúmenes. El primero, dedicado a la explotación comercial; el segundo, referido a la explotación técnica y de forma precisa a la señalización y al control del tráfico; el tercero, aborda los aspectos relativos a la vía y el cuarto los diferentes sistemas de tracción y frenado. El Curso de Vanderrydt, en dos volúmenes, dedica el primer tomo a la vía y al material, mientras que el segundo está centrado en la explotación técnica.

Por lo que respecta al libro «Traction électrique» su contenido reproduce, básicamente, el curso impartido por el autor, en el «Institute Electrotechnique Montefiore» asociado a la Universidad de Lieja. Nos referiremos por último, al pequeño libro en número de páginas, pero muy interesante de Lionel Wiender, dedicado a las rampas y a las líneas de montaña de ferrocarril.

3.2.3. España

En la primera mitad del siglo XX, la aportación al conocimiento ferroviario en España se realizó ,básicamente, a través de las contribuciones que llevaron a cabo los ingenieros que trabajaban en el sector, alguno de los cuales ejerció también una relevante actividad docente. En este contexto puede citarse el «Tratado de Ferrocarriles», en seis volúmenes, de Silvio Rahola, publicado en el período 1913-1923. En ese momento temporal el autor era Ingeniero Jefe de Material y Tracción de los Ferrocarriles de Madrid a Cáceres y Portugal. De la dimensión de esta obra es fiel reflejo la extensión de cada tomo:

- Volumen 1, Vía y Obras, 374 págs.
- Volumen 2, Material de Transporte, 376 págs.
- Volumen 3, Tracción por vapor, 594 págs.
- Volumen 4, Estaciones y movimiento, 417 págs.
- Volumen 5, Servicios comerciales, 448 págs.
- Volumen 6, Tracción eléctrica, 640 págs.

Creemos de interés mencionar, la edición en castellano, en 1924, de una publicación alemana bajo el título «El sistema ferroviario actual según la organización de los ferrocarriles alemanes». No puede considerarse quizás un libro en sentido estricto (solo hemos podido consultar la versión española), pero a lo largo de la citada publicación se abordan buen número de los aspectos que configuran el ferrocarril, a través de 14

Cuadro 5. Principales libros de ferrocarriles publicados en Bélgica en la primera mitad del siglo XX	
Título-Año-Autor	Observaciones
Cours d'exploitation des chemins de Fer (1922) H. Vanderrydt (1) E. Minsart (2)	(1) Profesor en la Universidad Libre de Bruselas (2) Ingeniero en los ferrocarriles belgas
Traction électrique (1900) Eric Gerard (1)	(1) Profesor de la Universidad de Lieja
Les rampes de chemins de fer et les lignes de montagne (1926) Lionel Wiender (1)	(1) Chargé de cours à l'Université Libre de Bruxelles
Cours d'exploitation des chemins de fer (1947-1953) Ulysse Lamalle (1)	(1) Profesor en la Universidad de Lovaina
Fuente: A. López Pita (2010)	

capítulos: trazado de la línea e infraestructura; superestructura de ferrocarriles; construcción de puentes y túneles; estaciones y edificios; señales; material motor; coches de viajeros y vagones de mercancías; frenos y enganches. Un capítulo está dedicado a «Ferrocarriles de puertos e instalaciones para transbordo». En su preparación intervinieron, junto a expertos del ferrocarril alemán profesores de las Universidades de Hannover y Berlín.

Si se recuerda que la electrificación de una de las primeras líneas en España, Pajares, tuvo lugar en 1925, no sorprende la publicación de los dos libros indicados en el cuadro 6. Ambos fueron el resultado de dos cursos sobre tracción eléctrica: el primero en el Instituto Católico de Artes e Industrias; el segundo, en la Escuela de Ingenieros de Caminos.

Dos libros bien conocidos fueron los publicados por el Ingeniero de Caminos Francisco Wais. Uno de ellos

Cuadro 6. Algunas publicaciones sobre tracción eléctrica en España (1923-1932)	
Título-Año-Autor	Observaciones
Curso fundamental de tracción eléctrica (1923) J. Pérez del Pulgar et al.	Desarrollado en el Instituto Católico de Artes e Industrias
Cursillo de tracción eléctrica. Tomo 1 (1932) J. M. García-Lomas	Desarrollado en la Escuela de Caminos en el curso 1930-1931
Fuente: Elaboración propia.	

titulado «Explotación Técnica de Ferrocarriles» fue escrito cuando el autor trabajaba en la Compañía de los Ferrocarriles del Norte de España. Aun cuando en el prólogo indica que el propósito que había guiado su preparación era el «escribir una pequeña obra de carácter elemental», no cabe duda que en sus más de 500 páginas se abordaban la práctica totalidad de los aspectos de la explotación ferroviaria. Quizás lo de pequeña obra se refería a las dimensiones exteriores del libro. Con posterioridad, en 1949, siendo ya Subdirector de Renfe, F. Wais publicó su «Compendio de explotación técnica de ferrocarriles».

Entre ambas fechas, en 1945, se publicó la obligada obra de referencia del Profesor José María García Lomas bajo el título «Tratado de explotación de ferrocarriles», en dos volúmenes dedicados a la vía y al material respectivamente. En el prólogo, el autor indicaba que la obra era una «orgánica recopilación de las enseñanzas impartidas en la Escuela de Ingenieros de Caminos, de 1940 a 1945». Cabe destacar que junto a su responsabilidad académica estaba la de ser director de Renfe. De la importancia de su obra hablan los ingenieros que durante más de treinta años la consideraron como insustituible. Quizás por eso, M. Ángel Hacar y Manuel Losada, con ocasión del «Curso de Ferrocarriles» que publicaron en 1971 para los alumnos de las Escuelas de Obras Públicas y de Caminos, se refirieron a él, en el prólogo, como «el maestro de todos».

Como reflejo del interés que tenía el ferrocarril pueden mencionarse los «Cuadernos de estudio» (4 partes) que en 1945 preparó el Jefe de Sección Principal de Vía y Obras de Renfe en Sevilla (Ángel Zalve Quilez) para el Centro Español de Enseñanza por Correspondencia (CEDECO).

En este mismo ámbito cabe situar la traducción realizada al castellano y editada en volumen independiente, por el Consejo de Administración de Renfe, en 1954, de la publicación de H. Lartilleux, ingeniero principal de los ferrocarriles franceses, sobre la «Geografía de los ferrocarriles españoles». Contiene numerosos esquemas atractivos sobre el trazado de las líneas ferroviarias españolas en algunos de los puntos de mayor dificultad orográfica: Pajares, Pozazal y Orduña entre otros.

3.2.4. Francia

Es obligado reconocer que resulta difícil encontrar otro país con mayor contribución que la realizada por Francia al conocimiento técnico del ferrocarril. En

efecto, la observación del cuadro 7 pone de manifiesto que, de 1900 a 1954, se publicaron más de 15 libros de primer nivel, siendo la mayoría preparados por profesores de Ferrocarriles de las siguientes escuelas francesas:

- École Central des Arts et Manufactures (París)
- Université de Grenoble
- École Spéciale des Travaux Publics du Batiment et de l'Industrie
- École Nationale Supérieure des Mines

Una de las temáticas menos abordadas en los libros técnicos ferroviarios era la forma de proyectar y construir el trazado de las líneas. Quizás por ello consideramos de gran interés mencionar el contenido del libro de E. Budson, articulado en dos partes. En la primera analizaba los «Estudios Preliminares» desarrollando de manera consecutiva los análisis a escala: 1/80.000; 1/40.000 y 1/2.500

En la segunda parte se desarrollan los «Estudios Definitivos», en la cual se analizaban también los aspectos referidos a la búsqueda de los materiales de construcción e incluso del propio balasto. Cabe mencionar que en 1926 se publicó el libro «Elements de topographie et tracé des voies de communication» por Edmond Gabriel, que abordaba también la misma temática.

En 1901, dos ingenieros de la Compañía francesa del Norte: A. Schoeller y A. Fleurquin, publicaron un libro dedicado a la explotación técnica de los ferrocarriles. En el prólogo del mismo, los citados autores indicaban que en 1890 el Profesor Ernest Deharme, que impartía un curso de ferrocarriles en l'École Centrale des Arts et Manufactures, había publicado un excelente libro sobre la superestructura ferroviaria, y que su objetivo con esta nueva publicación era abordar los aspectos relativos a la explotación ferroviaria.

En el mismo año en que los ingenieros franceses mencionados editaban su libro, otro «Ingenieur des Arts et Manufactures» L. Galine, publicó su trabajo «Exploitation technique des Chemins de Fer» en el que a través de casi 550 páginas desarrollaba, en tres partes, una amplia temática: la primera se dedicaba a los trenes y a las estaciones; la segunda a las señales, y, finalmente, la tercera se refería al movimiento de los trenes. En el citado libro se explicitaban algunas de las velocidades comerciales más elevadas que se alcanzaban en determinadas relaciones francesas

Cuadro 7. Principales libros de ferrocarriles publicados en Francia (1900-1965)

Título-Año-Autor	Observaciones
Tracé des chemins de fer (1900?) Em. Baudson (1)	(1) Chef de Section des Travaux Neufs au chemin de fer du Nord
Chemins de fer: exploitation technique (1901) A. Schoeller (1) A. Fleurquin (1)	(1) Compañía de Ferrocarriles del Norte de Francia (1) École Centrale des Arts et Manufactures (París)
Exploitation technique des chemins de fer (1901-1907) L. Galine (1)	(1) Ingenieur des Arts et Manufactures
Traité Pratique de Traction Electrique (1901-1907) L. Barbillon (1) M. Griffisch	(1) Profesor en la Universidad de Grenoble
Les chemins de fer electriques (1904) Henri Marechal (1)	(1) Ingenieur des Ponts et Chaussées
Cours d'exploitation commerciale des chemins de fer (1922) M. Leboucq (1)	(1) Profesor en l'École Spéciale des Travaux Publics du Batiment et de l'Industrie
La traccción électrique à courant continu (1923) L. Barbillon (1)	(1) Profesor en la Universidad de Grenoble
Traction électrique (1924) René Martin (1)	(1) Profesor del Curso de Electricidad Industrial «École Centrale des Arts et Manufactures»
Cours de pratique du service. Organisation du service de la voie dans les compagnies de chemin de fer (1927) M. Dautry (1)	(1) Ingeniero Jefe en la Compañía de Ferrocarriles del Norte de Francia (1) Profesor de ferrocarriles «École Spéciale des Travaux Publics»
Exploitation technique des chemins de fer (1932) Ferdinand Maison (1)	(1) Curso impartido en l'École Nationale Supérieure des Mines
La traction électrique et le chemin de fer. Tome 1 (1935) H. Parodi (1) A.Tétrel (2)	(1) (2) Ingenieros en la compañía del ferrocarril de Orléans (1) Profesor en el «Conservatoire National des Arts et Métiers»
La signalisation des chemins de Fer (1936) J. Walter (1)	(1) Ingenieur des Arts et Manufactures
Le matériel roulant des chemins de fer français (1945) Maurice Bailleul (1)	(1) Ingénieur en chef à la SNCF
L'Exploitation technique du chemin de fer. L'Organisation du transport (1946) Jean Tuja (1)	(1) Ingénieur en chef à la SNCF
La traction électrique et diesel-electrique (1952) Pierre Patin (1)	(1) Ingénieur principal à la SNCF
Notions de materiel roulant des chemins de fer (1951) M. Bailleul (1)	(1) Ingénieur en chef à la SNCF
La traction à moteurs thermiques Marcel Châtel (1)	(1) Ingénieur en chef honoraire à la SNCF
La traction électrique Marcel Garreau (1)	(1) Directeur Adjoint du Materiel et de la traction de la SNCF Professeur au Conservatoire Nationale des Arts et Metiers

Fuente: A. López Pita (2010)

Cuadro 8. Principales velocidades comerciales más elevadas en Francia (1900)

Relación	Distancia (km)	Número de paradas	Velocidad comercial (km/h)
París-Calais	297	1	90
París-Burdeos	585	4	84
París-Marsella	863	6	76

(cuadro 8). La observación de las mismas refleja el elevado nivel alcanzado hace más de cien años.

Para comprender, quizás, la publicación de dos libros sobre el mismo tema, la explotación técnica de ferrocarriles, puede ser útil señalar que el libro de L. Galine pertenecía a la colección «Bibliothèque du Conducteur de Travaux Publics», mientras que el libro de A. Schoeller y A. Fleurquin, se enmarcaba en el ámbito de la «Encyclopédie Industrielle».

No cabe duda que la electrificación de las líneas de ferrocarril supuso una gran innovación en este modo. Por ello en el período temporal que consideramos en el presente apartado (1900-1965), se publicaron en

Francia un cierto número de libros dedicados a la tracción eléctrica, tal como puede verse en el cuadro 7. La participación de profesores de: l'École Centrale des Arts et Manufactures; Conservatoire Nationale des Arts et Metiers y de la Université de Grenoble hizo posible los citados libros.

Otros ámbitos abordados fueron los de organización de los servicios de vía; explotación técnica, señalización y explotación comercial. Una de las publicaciones que quizás destacó más fue el libro que Ferdinand Maison, ingeniero de minas, publicó bajo el título: «Exploitation technique des chemins de fer» y que se correspondía con el curso que impartía en «l'École Nationale Supérieure des Mines». En todo caso debe destacarse la relevancia de los cuatro últimos libros mencionados en el cuadro 7. Es decir los debidos a: P. Patin, M. Bailleul, M. Châtel y M. Garreau, no siendo posible encontrar publicaciones análogas en otros países.

3.2.5. Gran Bretaña

La literatura técnica de ferrocarriles en este país es muy amplia. Con carácter de síntesis, y a los efectos del presente artículo, en el cuadro 9 se mencionan algunos libros relacionados con la señalización, la electrificación, la construcción de líneas y la explotación propiamente dicha.

De las publicaciones mencionadas cabe destacar la obra del Profesor Inglés sobre las vibraciones en puentes de ferrocarril, que fue una referencia obligada hasta la publicación en 1996 de la obra del profesor L. Fryba «Dynamics of railway bridges».

Por otro lado, cabe señalar la publicación, en versión inglesa, de dos libros de interés: el primero, «Introduction to Railway Mechanics», de G. V. Lomosnosof, en 1933, que fue profesor de «Ingeniería Ferroviaria» en St. Petersburg. En él se abordan las cuestiones referidas al movimiento de un vehículo, resistencias al avance, etc.; el segundo libro, fue la traducción del alemán del libro de Gerhard Schramm titulado «Permanent Way Technique and Permanent Way Economy» (1961).

3.2.6. Italia

Puede decirse que son dos los aspectos que caracterizan los libros técnicos de ferrocarriles publicados en Italia, durante el período temporal considerado. Por un lado, la atención que dedican al material

Cuadro 9. Algunos libros técnicos de ferrocarriles publicados en Gran Bretaña en la primera mitad del siglo XX

Título-Año-Autor	Observaciones
Railway Electrification (1924) H. F. Trewman (1)	(1) Assistant Professor of Electrical Engineering Artillery College, Woolwich
Electric Traction (1924) A. T. Dover (1)	(1) Head of the Electrical Engineering Department at the Battersea Polytechnic London
Mathematical Treatise Vibration of Railway Bridges (1932) C. E. Inglés (1)	(1) Profesor en el King's College Cambridge
Railway-to-day (1938) W. Willianson	—
British railway track: design, construction and maintenance (1943) (1) R. A. Hamnett	(1) Preparado por un Grupo de Expertos de «The permanent way institution»
Electric Railway Engineering (1954) T. Ferguson	(1) Este libro dedica un capítulo a exponer el proceso de electrificación de una línea
Railway Operating Practice (1961) H. Samuel (1)	(1) Lately Assistant Principal, British Railways School of Transport, Derby

Fuente: A. López Pita (2010).

Cuadro 10. Algunos libros técnicos de ferrocarriles publicados en Italia en la primera mitad del siglo XX

Título-Autor-Año	Observaciones
Trattato Moderno di Materiale Mobile ed Esercizio delle Ferrovie (1921) Filippo Tajani (1)	(1) Profesor en el Politécnico de Milán. Segunda edición en 1928
Lezioni sulle ferrovie (1922-1924) Elia Ovazza (1)	(1) Scuola di Applicazione per gli Ingegneri di Palermo
Lezioni di Ferrovie (1925) Felice Corini (1)	(1) Profesor en la «Scuola di Ingegneria di Bologna»
La grande trazione elettrica (1) (1926) Pietro Verole	(1) Libro de 921 págs.
Costruzione ed esercizio delle ferrovie (1929/1931) Felice Corini (1)	—
Lezione di costruzioni stradali e ferroviarie (1939) Luigi Stabilini (1)	(1) Profesor en la Universidad de Padua
Scienza e Tecnica delle costruzioni stradali e ferroviarie (1944) Felice Corini (1)	(1) Universidad de Génova. 2.ª edición en 1947
Strade e ferrovie. Principi fondamentali sul progetto e sulla costruzione (1947) C. Insardo Azimonte (1)	(1) Profesor del Politécnico de Milán

Fuente: A. López Pita (2010).

ferroviario, y por otra parte, el abordar en una misma edición la carretera y el ferrocarril, al menos por lo que respecta a su construcción. En el cuadro 10 se explicitan algunos de los títulos publicados.

Nótese también el número de universidades que se preocuparon por el conocimiento ferroviario: Génova, Milán, Bolonia, Padua y Palermo entre otras. Cabe destacar como curiosidad que en el prólogo del libro «Strade e ferrovie» del profesor Azimonté, el autor de aquel, profesor Bruno Bolis, se refería a quien había redactado la publicación, señalando que era el libro de un maestro (en forma análoga a como lo harían años después, como se ha indicado, M. A. Hacar y M. Losada respecto al profesor García Lomas).

Por otro lado, con ocasión de la edición del libro «Lezione di Costruzioni Stradali e Ferroviarie» su autor, Prof. Luigi Stabilini, mencionaba que hacía casi 40 años que su padre, Prof. Giulio Stabilini, había publicado un tratado fundamental sobre «Strade Comuni e Ferrovie».

3.2.7. Otros países

Aun cuando el marco de este artículo es el ámbito europeo, creemos de interés hacer mención de algunos libros publicados en otros países por la difu-

sión que tuvieron en Europa. Nos referimos a las siguientes obras:

- «Railroad Engineering» de William W. Hay (1953)
- «Ferrocarriles» de Francisco M. Togno (1968)
- “Modern Permanent Way” de M. Srinivasan (1969)

La primera se debió al profesor Hay de la Universidad de Illinois, y fue el resultado de las enseñanzas impartidas en la citada Universidad. El segundo libro fue escrito por el profesor Togno de la Universidad Nacional Autónoma de Méjico, en donde era Profesor Titular de vías terrestres. El tercero, se debió al Director de Planificación del Ministerio de Ferrocarriles de la India.

3.3. De 1970 a 2010

Los últimos cuarenta años han sido también muy fructíferos en cuanto a la publicación de libros técnicos y a la participación en ellos de las universidades de los diferentes países europeos. Desde nuestra perspectiva, el inicio de esta nueva era tuvo lugar al comienzo de la década de los años 70, con los apuntes que el profesor Alias publicó en el marco de sus enseñanzas en l’Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

La importancia de los citados apuntes, que en España buscábamos con gran interés, se debía al hecho de que, junto a su responsabilidad docente, tenía la de ser Director de l'Équipement de los ferrocarriles franceses. Fue precisamente en el marco de esta dirección donde se llevaron a cabo los estudios y ensayos que dieron lugar a la publicación por el célebre ingeniero francés André Prud'homme, de sus conocidos artículos:

- 1) «La résistance de la voie aux efforts transversaux exercés par le matériel roulant». *Revue Générale des Chemins de Fer*, Janvier, 1967.
- 2) «La voie». *Revue Générale des Chemins de Fer*, Janvier, 1970.

Naturalmente, los citados apuntes incorporaban lo más sustantivo de los referidos artículos. Por primera vez aprendíamos como, mediante la teoría de las vibraciones aleatorias y el espectro de densidad de potencia de los defectos geométricos de una vía, se evaluaban las sollicitaciones verticales ejercidas por los vehículos sobre el carril.

Los mencionados apuntes fueron la base de la publicación por J. Alias de la primera edición de su libro: «La voie ferrée. Techniques de construction et d'entretien». A este libro seguirían otros no sólo en Francia sino también en el resto de los países europeos ferroviariamente más importantes, los cuales se analizan en los próximos apartados.

3.3.1. Francia

A la primera edición del libro de J. Alias en 1977, siguió la segunda, revisada y aumentada, en 1984. Tres años más tarde, en 1987, el mismo autor publicó un libro «Le Rail» dedicado íntegramente a este componente del emparrillado ferroviario. En el ámbito de la tracción, en 1978, Marcel Tessier, Profesor en el «Conservatoire Nationale des Arts et Métiers» y «Directeur Attaché à la Direction Générale de la SNCF» publicó «Traction électrique et thermo-électrique», que podía considerarse como una versión actualizada de las publicaciones antes mencionadas de Marcel Châtel y Marcel Garreau (cuadro 7). Desde entonces no se han producido nuevas aportaciones en ambos campos.

En 1987 se publicó en Francia un magnífico libro bajo el título «La signalisation ferroviaire», que incluía

no sólo la señalización convencional, sino la utilizada en la línea de alta velocidad París-Lyon. Su autor, R. Retiveau, había sido hasta ese año el Jefe del Departamento de Señalización de los ferrocarriles franceses.

3.3.2. Reino Unido

La temática que abordan los libros publicados en este período temporal que ahora consideramos, afecta a diversos campos, siendo algunos de ellos novedad respecto a tiempos pasados. En este ámbito cabe situar los debidos a Wickens y a Thompson (cuadro 11). El primer autor mencionado se centró en la dinámica ferroviaria, especialmente en la estabilidad lateral de los vehículos. El segundo autor analizó los problemas derivados del ruido y las vibraciones en el ferrocarril.

Alain Wickens, ingeniero aeronáutico, entró en los ferrocarriles británicos en 1962 y durante casi veinte años, 1971-1989 fue Director de Investigación en BR. Debe señalarse que David Thompson antes de su incorporación al «Institute of Sound and Vibration Research (ISVR)» en la Universidad de Southampton, trabajó también en el Departamento de Investigación de los ferrocarriles británicos en Derby, es decir donde se encontraba A. Wickens.

Además de los libros mencionados en el cuadro 11, en los últimos años, una editorial inglesa ha publicado diversas ediciones de los libros «Railway Engineering» (2000) y «Railway Management Engineering» (2006), escritos por el profesor V. A. Profillidis de la «Democratus Thrace University» de Grecia.

3.3.3. Alemania

Las publicaciones técnicas en forma de libro en los últimos años en este país son realmente de gran interés y abordan una temática muy variada. Su utilidad se debe no sólo a su contenido, sino también a las ediciones que se publican en inglés y en algún caso incluso en español. El cuadro 12 resume las principales publicaciones. Se comprueba la importante participación de profesores de Universidad en la preparación de los citados libros.

Por lo que respecta a los libros mencionados, consideramos de interés destacar, a pesar de su sintético contenido, el libro del profesor Joachim Fiedler, dedicado al proyecto, la construcción y explotación de

Cuadro 11. Principales libros técnicos publicados en el Reino Unido (1986-2010)

Título-Año-Autor	Observaciones
Railway Traction. The principles of mechanical and electrical railway traction (1986) H. I. Andrews (1)	(1) Special Lecturer Electric Traction, Imperial College of Science and Technology, University of London
European Railway Signalling (1995) Institution of Railway Signal Engineers	Libro preparado por un grupo de expertos
Practical Railway Engineering (1996) Clifford F. Bonnett	(1) Libro de base para el curso «Railway Engineering Concepts» en el Imperial College
Fundamentals of Rail Vehicle Dynamics. Guidance and Stability (2003) A. H. Wickens (1)	(1) Profesor en la " Loughborough University"
Noise and vibration from high-speed trains (2001) V. V. Krylov et al (1)	(1) Libro escrito por distintos autores, entre ellos el mencionado, profesor de Nottingham Trent University
Handbook of Railway Vehicle Dynamics (2006) S. Iwnicki et al. (1)	(1) Libro preparado por diversos profesores de universidades europeas.
Railway Noise and Vibration. (2009) D.Thompson (1)	(1) Professor of Railway Noise and Vibration. University of Southampton

Fuente: A. López Pita (2010)

ferrocarriles. Se publicó por primera vez en 1973, y en la actualidad ha alcanzado ya la quinta edición.

Aun cuando se refiere a un tema muy específico, la dinámica de la vía, es muy recomendable la lectura del libro escrito por el profesor Klaus Knothe en el año 2001. En el ámbito de la vía en placa, quizás no exista un libro de mayor interés que el debido a los ingenieros alemanes E. Darr y W. Fiebig.

Para disponer de una visión global del ferrocarril la referencia en este país es, sin duda, el libro coordinado por el Prof. Lothar Fendrich y en cuya preparación participaron más de 30 autores, de los cuales diversos eran profesores en universidades alemanas y también de Austria. A través de casi 1000 páginas se abordan los principales campos de la técnica ferroviaria. Fue publicado en el año 2006. Es de interés mencionar brevemente, en la trayectoria profesional del Prof. Fendrich, el hecho de que comenzase la misma en los ferrocarriles alemanes, para pasar posteriormente a la empresa privada y regresase nuevamente a la DB, en la cual durante el periodo 1990-1995 fue Director del Departamento de Superestructura. Desde 1990 es Profesor Honorario de la Universidad de Hannover.

Mencionaremos, finalmente, la obra sintética pero de interés de los profesores H. Jochim y F. Lademann,

dedicada a la planificación de las instalaciones ferroviarias, y publicada el pasado año 2009.

En todo caso, dos son los libros que han alcanzado una mayor dimensión internacional por su publicación en otras lenguas distintas del alemán. El primero, de Kiebling, referido a la catenaria fue editado en versión inglesa en el año 2001, y vio la luz en versión española, como se ha indicado en el cuadro 12, en el año 2008. El segundo, dedicado a la vía, escrito por B. Lichtberger, apareció en alemán en el año 2004, en inglés en el año 2005, y finalmente en español con el título «Manual de vía. Infraestructura, Superestructura, Conservación, Rentabilidad» en el año 2007.

3.3.4. Holanda

La Universidad de Delft se ha caracterizado en las dos últimas décadas por desarrollar una importante actividad en el ámbito ferroviario, tanto a nivel docente como de investigación, a la que nos referiremos posteriormente. En el primer campo, el de la formación, destacan las aportaciones efectuadas por los profesores Coenraad Esveld e Ingo A. Hansen, con las publicaciones indicadas en el cuadro 13.

La primera edición del libro de C. Esveld causó un gran impacto. Podría decirse que fue análogo al pro-

Cuadro 12. Principales libros técnicos de ferrocarril publicados en Alemania (1997-2010)

Título-Año-Autor	Observaciones
Fahrleitungen elektrischer Bahnen (1997) (1) F. Kiebling et al	(1) En el año 2008 se publicó una versión española con el título «Líneas de contacto para ferrocarriles electrificados». Intervino como coautor el ingeniero español de ADIF, Tomás Vega
Gleisdynamik (2001) Klaus Knothe (1)	(1) Profesor de la Universidad de Berlín
Railway Operation and Control (2002) Joern Pahl (1)	(1) Professor of Railway System Engineering Technical University at Braunschweig
Fahrdynamik des Schienenverkehrs(2003) Dietrich Wende (1)	(1) Este libro dedicado a la dinámica del tráfico ferroviario fue publicado por el profesor Wende de la Universidad de Dresden
Elektrische Triebfahrzeuge und ihre Energieversorgung. Grundlagen und Praxis (2004) Andreas Steimel (1)	(1) Este libro fue publicado en versión inglesa bajo el título «Electric Traction-Motive Power and Energy Supply» en el año 2008, por el profesor Steimel de la Ruhr-Universität Bochum
Handbuch Gleis: Unterbau, Oberbau Instandhaltung. B.Lichtberger (1)	(1) Director de investigación de la empresa Plasser
Handbuch Erdbauwerke der Bahnen (2004) (1) Claus Göbel Claus Lieberenz	(1) Manual sobre la construcción de infraestructuras, preparado por profesores de la «Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden»
Handbuch «Entwerfen von Bahnanlagen» (2005) (1) H. Freystein M. Muncke P. Schollmeier	(1) Manual sobre el diseño de instalaciones ferroviarias publicado por tres ingenieros alemanes
Bahnwesen.Planung,Bau und Betrieb von Eisenbahnen, S-,U-, Stadt-und Strassenbahnen (2005) Joachim Fiedler (1) Mathias Pob (1) Klaus-Dieter Wiegand (1)	(1) Profesores de distintas universidades alemanas. La primera version apareció en el año 1973.Actualmente se encuentra en la quinta edición.
Handbuch. Eisenbahninfrastruktur, (2006) Lothar Fendrich (Coordinador)	(1) Libro escrito por 31 autores, de los cuales 7 eran profesores de Universidad.
Energieversorgung elektrischer Bahnen (2006) H. Biesenach et al (1)	(1) Libro escrito por 12 autores, incluyendo profesores universitarios, sobre el suministro de energía en trenes eléctricos
Feste Fahrbahn. Konstruktion und Banarten für Eisenbahn und Strabendahn (2006) (1) E. Darr y W. Fiebig	(1) Excelente publicación sobre la vía en placa en el ferrocarril
Handbuch «Das System Bahn» (2008) D. Lübke et al. (1)	(1) Libro sobre el sistema ferroviario redactado por diversos autores incluyendo tres profesores de Universidad
Planung von Bahnanlagen.Grundlage, Planung, Berchnung, (2009) H.Jochim (1) F.Lademann(1)	(1) Profesores de universidades alemanas.

Fuente: A.López Pita (2010)

Cuadro 13. Principales libros técnicos de ferrocarriles publicados por profesores holandeses

Título-Autor-Año	Observaciones
Modern Railway Track (1) Coenraad Esveld	(1) Primera edición en 1989 (1) Segunda edición en 2001
Railway Timetable and Traffic (2008) Ingo A. Hansen (1)	(1) Libro escrito por varios autores
Fuente: A. López Pita (2010).	

ducido por el libro de J. Alias. Sin embargo, la formación del autor holandés, que al concluir sus estudios de ingeniero en la Universidad de Delft en 1970, pasó tres años especializándose en dinámica de estructuras, análisis de vibraciones y elementos finitos, confirió a su libro una componente de cálculo hasta entonces nunca puesta de manifiesto en el ámbito ferroviario. La segunda edición de su libro fue notablemente ampliada con relación a la primera y es de obligada consulta para los que desean profundizar en la mecánica de una vía férrea.

El libro del profesor Hansen va dirigido a otro ámbito del ferrocarril más directamente relacionado con la explotación, como es el establecimiento de los horarios y la optimización de la sucesión de trenes. Está escrito por un amplio número de autores (15), siendo la práctica totalidad de los mismos profesores en distintas universidades europeas.

3.3.5. Italia

Nuevamente como en el siglo XIX, Italia es un país que, en las últimas décadas, ha publicado un relevante número de publicaciones técnicas de ferrocarril de primer nivel. Basta para ello observar el contenido del cuadro 14. Se constata la diversidad de campos abarcados y que la mayoría de los trabajos han sido realizados por profesores de las diferentes universidades italianas.

Nótese también el importante papel que juega el CIFI (Colegio de Ingenieros Ferroviarios Italianos), sobre el que ha recaído la publicación de diversos libros. Se destaca la especialización del Politécnico de Milán y Turín en la edición de libros sobre la dinámica ferroviaria y la construcción del material. Se subraya que esta temática no es posible encontrarla tratada en las publicaciones de otros países, al menos con el grado de detalle que en Italia. Llama la atención también el interés que se otorga a las estaciones de ferrocarril.

3.3.6. Suiza

Dos Universidades son en este país la referencia a nivel de formación e investigación en ferrocarril. Por un lado, L'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), y por otro, L'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich. En el ámbito de la primera, en 1995, el profesor

Cuadro 14. Principales libros técnicos de ferrocarril publicados en Italia (1970-2010)

Título-Autor-Año	Observaciones
Organizzazione e tecnica ferroviaria (1968) (1) Giuseppe Vicuña	(1) Lezioni di Organizzazione ferroviaria (1964-1967) Facoltà d'Ingegneria dell'Università di Roma (CIFI)
Impianti Ferroviari. Tecnica ed Esecizio (1969) (1) Lucio Mayer	(1) Lezioni .Università di Napoli (1962-1963) Università di Roma (1963-1969) (CIFI)
Strade-Ferrovie-Aeroporti. Volume primo (1972) Il progetto et le opere d'arte Giuseppe Tesoriere (1)	(1) Profesor en la Universidad de Palermo
Strade-Ferrovie-Aeroporti. Volume secondo (1973) Le opere in terra, le sovrastrutture gli impianti Giuseppe Tesoriere (1)	(1) Profesor en la Universidad de Palermo
Strade-Ferrovie-Aeroporti. Volume Terzo (1979) Le soprastrutture negli aeroporti Giuseppe Tesoriere (1) Gabriele Boscaïno (1)	(1) Profesores en la Universidad de Palermo
Tecnica di circolazione ferroviaria (1979) (1) M. Bianchi V. Rizzo	(1) Publicado por el CIFI

Cuadro 14. Principales libros técnicos de ferrocarril publicados en Italia (1970-2010) (Continuación)

Título-Autor-Año	Observaciones
Costruzioni di materiale ferroviario (1979) Franco di Majo (1)	(1) Profesor en el «Istituto di costruzioni di macchine del Politecnico di Torino»
Meccanica dei trasporti ferroviari e tecnica delle locomotive (1985) Augusto Carpignano	Nuevas ediciones en 1989 y 2003
Sistema elettrici per a trasporti. Trazione elettrica (1993) Francesco Perticaroli	—
La gestione degli impianti elettrici ferroviari (1996) (1) Alvaro Fumi (2)	(1) Publicado por CIFI (2) Responsabile del Servizio Impianti Elettrici dell'ASA Rete-FS
La sovrastruttura ferroviaria (1997) (1) Giancarlo Bono Carlo Focacci Spartaco Lanni	(1) Publicado por el CIFI (Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani)
La dinamica del veicolo ferroviario (1997) (Seconda edizione) Romano Panagin (1)	(1) Professore per il corso di «Dinamica del materiale rotabile» Politecnico di Torino i de Milano
Elementi generali dell'esercizio ferroviario (Tradizione, evoluzione, prospettive) (1999) (1) F. Cesari V. Rizzo S. Lucchetti	(1) Publicado por el CIFI
Impianti Ferroviari (2000)(1) Nuova Edizione a cura di Pier Luigi Guida Eugenio Milizia	(1) Actualización del libro del Profesor Mayer de 1969
Introduzione alla tecnica dei trasporti e del traffico con elementi di economia dei trasporti (2001) (2) G. Erberto Cantarella (1)	(1) Profesor de la Universidad de Salerno (2) Nueva edición 2007. Sistemi di trasporto. Tecnica e Economia
Nozioni sui veicoli FS per viaggiatori (2002) Evaristo Principe (1)	(1) Ex FS
Trazione Elettrica: Linee primarie e sottostazioni (2002) (1) Vittorio Finzi	(1) Manuale per la formazione professionale del personale degli impianti ferroviari
Grandi aree e stazioni ferroviarie (2003) Savino Natalicchio (1), Luca Tamini (2)	(1) Ingegnero (2) Arquitecto
Trazione Elettrica: Linee di Contatto (1) (2003) Vittorio Finzi, Domenico Cervetto	(1) Manuale per la formzione professionale del personale degli impianti ferroviari
Costruzione del veicolo ferroviario. Elementi introduttivi ed esperienze di progetto (2006) (2) Romano Panagin (1)	(1) Progettista ferroviario e docente del Politecnico di Torino e di Milano (2) CIFI
Lineamenti di infrastrutture ferroviarie (2007) Franco Policicchio	Corso di Infrastrutture Ferroviarie (2003-2007) Facoltà d'Ingegneria dell'Università di Firenze (CIFI)
La stazione ferroviaria verso l'alta velocità (1) (2008) Valeria Nuzzo (2)	(1) CIFI (2) Arquitecto
Fuente: A. López Pita (2010)	

Roger Kaller publicó su conocido libro en dos volúmenes sobre «Traction électrique». Recientemente, en el año 2008, se ha publicado la segunda edición del mismo, pero incluyendo a otros autores: J. Marc Allenbach que ya fue coautor de la primera edición, en tanto que encargado del curso de «Técnicas ferroviarias» en la EPFL; Pierre Chapas, ingeniero electrotécnico en Alstom Transporte y M. Comte.

Por la especificidad de su contenido se estima de interés mencionar el libro de Robert Rousse «Les moyens modernes de mesure et d'analyse des donneés relatives au controle de l'état géométrique des voies ferreés», publicado en 1974 bajo el patrocinio de MATISA, empresa fabricante de maquinaria para la conservación y renovación de vía.

3.3.7. España

Nos referiremos por último a la contribución realizada en España para la difusión del conocimiento técnico del ferrocarril, que desde luego ha sido muy relevante en las tres últimas décadas como lo fue en tiempo pasado.

Como se indicó precedentemente, en 1971, los profesores M. A. Hacar y M. Losada, publicaron su conocido «Curso de Ferrocarriles» que en sus 45 capítulos proporcionaba una información sintetizada sobre los principales aspectos de este modo de transporte. Fue dedicado a la enseñanza del ferrocarril en la E.T.S.I. de Caminos y en la Escuela de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas.

En la citada década un grupo de ingenieros, entre los que se encontraban los profesores anteriormente mencionados junto a J. Carballedo, P. Arrondo, J. Villarroya y Justo Arenillas, entre otros, publicó una serie de volúmenes bajo la denominación de «Temas Ferroviarios».

Por otro lado debe señalarse el esfuerzo realizado por el profesor Manuel Losada, Catedrático de Ferrocarriles en la E.T.S. Ingenieros de Caminos de Madrid, mediante la publicación de una serie de Apuntes, Guiones y Cuadernos, como él los denominó, y cuya prematura desaparición impidió, sin duda, se configurasen como libro de gran calidad e interés.

Para encontrar una obra de similares características a la del profesor J. M. García Lomas hubo que esperar a 1977, cuando el entonces Director de Innovación de Renfe, F. Oliveros, junto a dos jóvenes ingenieros de caminos, A. L. Pita y M. J. Megía Puente, publicó el primer tomo dedicado a la vía, de su «Tratado de Ferrocarriles». Obra que incorporaba los conocimientos más actuales en el citado ámbito, incluyendo un novedoso capítulo dedicado a la vía sobre placa de hormigón.

El segundo volumen con el título: «Ingeniería Civil e Instalaciones» apareció en 1980 y a través de sus más de mil páginas abordaba en detalle cuestiones hasta entonces no contempladas en libros precedentes, tales como puentes y túneles. Sus autores fueron F. Oliveros, M. Rodríguez Méndez y M. J. Megía.

Tres años más tarde, en 1983, los mismos protagonistas publicaron el volumen I de su «Tratado de explo-

Cuadro 15. Principales libros técnicos de ferrocarril publicados en España (1971-2010)

Título-Año-Autor	Observaciones
Curso de ferrocarriles (1971) M. A. Hacar y M. Losada	Destinado a los estudiantes de Ingeniería de Caminos y Obras Públicas
Temas ferroviarios (1975) M. A. Hacar, M. Losada, J. Arenillas, J. Carballedo, etc.	Diversos volúmenes donde cada autor escribía un capítulo
Cuadernos de ferrocarriles (1975-1995) M. Losada	Varios volúmenes: - El ferrocarril y el transporte - Mecánica de la vía - Geometría y calidad de vía
Tratado de ferrocarriles (1977) Tomo I. Vía F. Oliveros, A. L. Pita y M. J. Megía	Incluye por primera vez un capítulo sobre vía en placa
Tratado de ferrocarriles (1980) Tomo II. Ingeniería Civil e Instalaciones F. Oliveros, M. R. Méndez y M. J. Megía	Desarrolla detenidamente ,por primera vez, la problemática de los puentes y túneles de ferrocarril

Cuadro 15. Principales libros técnicos de ferrocarril publicados en España (1971-2010) (Continuación)

Título-Autor-Año	Observaciones
Tratado de explotación de ferrocarriles (1983) Vol. 1. Planificación F. Oliveros, M. R. Méndez y M. J. Megía	Aborda la planificación del tráfico de viajeros y mercancías. La capacidad de una línea, etc.
Curso de Ferrocarriles (1984) A. López Pita	Vol. 1 a 8 - Interacción vía-vehículo - Tracción - Material rodante
La vía del ferrocarril (1990) J. Alias y A. Valdés	Versión española de la edición francesa, con modificaciones
Desvíos ferroviarios (1995) J. M. Díaz de Villegas y M. Rodríguez Bugarín	Magnífico libro sobre una temática muy pocas veces abordada en profundidad
Operación de trenes de viajeros (1998) García, A. Cellero y Pilar Rodríguez	Primera y excelente publicación en forma de libro sobre la gestión del transporte interurbano por ferrocarril
Pendulación, Basculación y Construcción de Infraestructuras Ferroviarias (1998) A. López Pita	Una visión global sobre las posibilidades ofrecidas por cada tecnología en la mejora de la calidad de los servicios
Ferrocarriles. Apuntes de clase J. M. Díaz de Villegas (2001)	Dedicados a los alumnos de la E.T.S. Ingenieros de Caminos de Santander
Tecnología de Catenaria (2002) J. Montesinos y P. Carmona	Libro escrito por especialistas de Renfe en el tema.
Ferrocarriles (2003) D. Álvarez y P. Luque	Publicación dedicada a los alumnos de la E.T.S.I. Industriales. Universidad de Oviedo.
Cuadernos Técnicos de vía (2005-2007) J. Julián Mendoza	3 Volúmenes dedicados a la geometría y uno a la vía con juntas
Infraestructuras Ferroviarias (2006) A. López Pita	Original estructura organizativa de su contenido con atención al material ferroviario
Explotación de líneas de ferrocarril (2008) A. López Pita	Aborda los sistemas de las líneas clásicas como de alta velocidad
Ferrocarriles metropolitanos. Tranvías, metros ligeros y metros convencionales (2002) M. Melis y Fco. Javier González	Libro de referencia sobre el tema. Tercera edición en el año 2008
Ingeniería Ferroviaria (2006) Fco. Javier González	Libro elaborado para los alumnos de la UNED
Señalización Ferroviaria (2009) Fco. Javier González	Amplio trabajo subtítulo «Del guardagujas a la operación sin conductor»
Dinámica vertical de la vía. Señales digitales en ferrocarriles (2008) Manuel Melis	Elaborado a partir de las enseñanzas impartidas en Cursos de Doctorado
Ingeniería y gestión del mantenimiento en el sector ferroviario (2009) J. Luis Arqués	Basado en la experiencia del autor como responsable de la temática en los Ferrocarriles de la Generalitat de Cataluña

Fuente: A. López Pita (2010).

tación de Ferrocarriles» dedicado a la planificación. Es un hecho que la edición de los tres volúmenes precedentes significó un paso muy importante para la incorporación del ferrocarril español al grupo de administraciones europeas de mayor calidad.

Por nuestra parte en 1984 con ocasión del acceso a la Cátedra de Ferrocarriles de la E.T.S. Ingenieros de Caminos de Barcelona, publicamos en ocho volúmenes la práctica totalidad de las enseñanzas que impartíamos a los alumnos de la citada escuela. Quizás los aspectos más relevantes se correspondían con los volúmenes dedicados a la interacción vía-vehículo, ampliamente analizados, y a la evolución de la calidad geométrica de la vía bajo la acción del tráfico, temática no abordada con anterioridad por ningún autor.

En el año 1990 apareció la versión castellana del libro de Jean Alias sobre la vía, en donde figuraba como coautor A. Valdés, Catedrático de Transportes y Ferrocarriles en la E.U. de Ingeniería Técnica de Obras Públicas, de la Universidad Politécnica de Madrid. En relación a la edición francesa se suprimió el capítulo dedicado a las instalaciones fijas para la tracción eléctrica, incorporándose no obstante un capítulo sobre la vía y la alta velocidad.

Es importante destacar el excelente libro que sobre «Desvíos ferroviarios» escribieron, en 1995, J. M. Díaz de Villegas y M. Rodríguez Bugarín. Una publicación de obligada referencia, no sólo por su calidad intrínseca, sino también por ser la única obra, en nuestro conocimiento, dedicada a este importante pero difícil tema.

A finales de los 90, Alberto García junto a A. Cillero y Pilar Rodríguez, publicó su novedoso libro sobre «Operación de trenes de viajeros». Su objetivo, como señalaron sus autores, fue: «abordar el problema de la estrategia, gestión y operación de los servicios ferroviarios interurbanos de viajeros, con el fin de conseguir su mayor competitividad». Sin duda alguna esta publicación fue la primera en establecer las bases teóricas y conceptuales de la explotación ferroviaria en el segmento de mercado considerado, incluyendo tanto aspectos técnicos como económicos.

En el mismo año en que apareció el citado libro, 1998, publicamos, por nuestra parte, el titulado: «Pendulación, Basculación y Construcción de Infraestructuras Ferroviarias. Opciones alternativas y complementarias», enmarcado en la problemática que en aquel entonces se planteaba con fuerza en España, sobre la actuación más idónea para mejorar la calidad de

la oferta en los servicios interurbanos de viajeros en el ferrocarril español. En el fondo se trataba de dar respuesta al interrogante que el famoso académico francés Louis Armand había formulado treinta años antes para Francia:

«El futuro del transporte de viajeros por ferrocarril no puede concebirse sin el desarrollo de las altas velocidades. Las grandes orientaciones a tomar en este ámbito se resumen en definitiva en dos direcciones: modernizar lo que existe o bien construir nuevas líneas. El problema es, por tanto, saber si se quiere invertir para perfeccionar o para crear.»

Con el comienzo del siglo XXI nuevas publicaciones vieron la luz en España: Ferrocarriles (Apuntes de clase) del profesor J. M. Díaz de Villegas de la E.T.S. Ingenieros de Caminos de Santander, año 2001; Tecnología de Catenaria, de J. Montesinos y M. Carmona, del servicio de mantenimiento e infraestructura de Renfe (2002); Ferrocarriles, de los profesores Daniel Álvarez y Pablo Luque, de la Universidad de Oviedo. Finalmente, mencionaremos los interesantes «Cuadernos técnicos de vía», del ingeniero de caminos José Julián Mendoza.

Transcurridos veinte años desde que publicamos los volúmenes del «Curso de Ferrocarriles» de 1984, consideramos conveniente editar una nueva versión, completamente renovada y actualizada, de las enseñanzas que con el comienzo del siglo XXI impartíamos en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Barcelona. Con tal finalidad, en el año 2004 apareció el volumen dedicado a las «Infraestructuras Ferroviarias», al que se le concedió el Premio Extraordinario Talgo a la innovación tecnológica, del año 2005. Poco tiempo después, en el año 2006, publicamos el dedicado a la «Explotación de líneas de ferrocarril».

Ese mismo año, Fco. Javier González, profesor de la UNED publicó el libro «Ingeniería de Ferrocarriles» y tres años después, en 2009, el titulado «Señalización ferroviaria», notable contribución a un tema insuficientemente abordado en la literatura técnica. Cabe subrayar que este autor junto al profesor Manuel Melis, Catedrático de Ferrocarriles en la E.T.S. Ingenieros de Caminos de Madrid, publicaron en el año 2008, la tercera edición de su excelente libro: «Ferrocarriles metropolitanos. Tranvías, metros ligeros y metros convencionales» editado por el Colegio de Ingenieros de Caminos.

Nos referiremos por último al magnífico libro del profesor M. Melis publicado con el modesto título de «Apuntes de introducción a la dinámica vertical de las vías y a las señales digitales en ferrocarriles». Libro de referencia que se inscribe en el ámbito de los trabajos que el profesor Coenraad Esveld llevó a cabo en la Universidad de Delft, y que es una verdadera joya para los que desean embarcarse en el apasionante mundo de la dinámica ferroviaria y en sus aplicaciones prácticas. El cuadro 15 sintetiza los libros mencionados anteriormente en este apartado, así como la última publicación, aparecida en noviembre 2009, del ingeniero José Luis Arqués, sobre el mantenimiento del material.

3.3.8. Otros países

Como continuación de la información proporcionada en el apartado 3.2.7, relativa al período 1900-1970, consideramos de interés mencionar las publicaciones aparecidas en otros países. De forma concreta sus títulos son los siguientes:

- Track geotechnology and substructure management
Ernest, T. Selig and J. M. Waters (1994)
- Fundamentals of Railway Track Engineering
Arnold D. Kerr (2003)
- Vías de comunicación
Crespo Villalaz (2007)

El primer libro fue escrito por E. Selig, profesor de Ingeniería Civil en la Universidad de Massachusetts y por J. Waters, conocido experto de los ferrocarriles británicos. Es sin duda la única referencia existente en este ámbito del ferrocarril, y por ello de gran interés.

El segundo libro corresponde al profesor Kerr de la Universidad de Delaware. Como el autor señala en la introducción, su publicación esta basada en los numerosos cursos que impartió desde mediados de los años 70. Como su propio título indica el contenido está centrado en el estudio de las vías de ferrocarril.

El tercer y último libro tiene un carácter más general por cuando en él se tratan cuatro modos de transporte: carreteras, ferrocarriles, aeropuertos y puertos. En realidad aborda esencialmente los temas viarios, a los cuales dedica casi el 80 % del libro.

4. Contribución al progreso técnico del ferrocarril

4.1. Preliminar

El progreso técnico del ferrocarril y la Universidad han estado fuertemente vinculados a lo largo de la historia de este modo de transporte. Numerosas e importantes han sido las aportaciones realizadas por profesionales ligados a esta Institución. Basta para ello recordar, en el ámbito de la mecánica de una vía de ferrocarril, a personalidades tan relevantes como los profesores Emil Winkler y Stephen Timoshenko. El primero fue, como es bien conocido, profesor de construcción de vías de ferrocarril en la Universidad de Praga (1865-1868). El segundo, entre otras responsabilidades académicas, tuvo la de trabajar en el Instituto de Vías de Comunicación de San Petersburgo (1911-1917).

Si efectuamos un salto en el tiempo y nos situamos en la mitad del siglo XX, puede afirmarse que el vínculo investigación ferroviaria-universidad se mantuvo. En efecto, en 1950, aquella adquirió en el seno de las propias redes una notable dimensión al crearse la conocida ORE, en el marco de la Unión Internacional de Ferrocarriles, con la misión de llevar a cabo las investigaciones necesarias para hacer posible la modernización del ferrocarril europeo. Como se expondrá en el siguiente apartado, la Universidad tuvo una relevante participación en las referidas investigaciones. La ORE estuvo operativa hasta 1992, es decir más de cuarenta años, siendo sustituida por el ERRI (European Rail Research Institute) desde entonces. Este nuevo organismo continuó la labor realizada por la ORE hasta su desaparición en el año 2004.

Desde entonces las administraciones ferroviarias, centradas más en una labor de gestión, no han hecho sino reforzar su colaboración con la Universidad. En paralelo ésta se beneficia de nuevos e interesantes campos de investigación consecuencia de los retos a los que se ve confrontado el ferrocarril del siglo XXI.

4.2. L'Office des Recherches et d'Essais (ORE)

En la segunda mitad de la década de los años 40 del siglo XX, se puso de manifiesto la imperiosa necesidad que tenía el ferrocarril de llevar a cabo una importante tarea de investigación, en el ámbito técnico, para hacer posible la modernización de la oferta de este modo de transporte.

Dos opciones eran teóricamente posibles: una, que cada administración ferroviaria, en la medida de sus propias posibilidades, desarrollase la investigación que considerase necesaria; un segundo enfoque podría ser la creación de una institución única que, agrupando a las redes, coordinase las distintas investigaciones y evitase, de este modo, la duplicación de trabajos idénticos o muy similares. Se optó por la segunda alternativa.

Por ello se constituyó, integrada en la UIC, la ORE, siglas correspondientes a «Office de recherche et d'essais», entidad en la que voluntariamente 17 ferrocarriles se integraron inicialmente, aportando los recursos humanos y económicos necesarios para su funcionamiento. Quizás porque el primer presidente del ORE fue F. Q. den Hollander, presidente a su vez de los ferrocarriles holandeses, su sede se estableció en Utrecht.

El funcionamiento del ORE respondía al siguiente esquema: existencia de un Comité de Dirección formado, en general, por los responsables de los departamentos de investigación de las redes ferroviarias, que debía aprobar los temas específicos que estudiarían los Comités de Expertos constituidos por ingenieros especializados aportados por cada administración ferroviaria. Curiosamente a cada uno de los asuntos analizados se le denominaba «Question» seguida de una letra y un número en función de la temática considerada. Algunos de los primeros Informes técnicos publicados por la ORE estuvieron referidos a ámbitos como el «cálculo de cimentaciones y postes de la catenaria» (mayo 1952) y a los «sistemas de sujeción de los carriles a las traviesas», en septiembre del mismo año.

Desde el inicio de su actividad, el ORE contó además de con los investigadores de las redes ferroviarias, con la presencia de «expertos Invitados» procedentes de la Universidad. Como referencia, en el Comité C-53, creado en 1961 y dedicado al análisis del «Comportement du metal des rails et des roues dans la zone de contact» participaron como «expertos invitados» los profesores Johnson (Universidad de Cambridge) y Besseling (Universidad de Delft). Por otro lado del Comité D-71 (1965) formó parte el profesor J. Eisenmann de la Universidad Técnica de Munich. Del Comité D-117, el profesor Makowski de la Universidad de Varsovia, y del Comité C-116, el profesor Broersen, de la Universidad de Delft, por no mencionar más que algunos comités de trabajo.

Llegados a este punto es obligado reconocer la relevante y continuada aportación realizada por esta última universidad, Delft, a las investigaciones del ORE.

De forma especial por lo que se refiere al ámbito de la dinámica ferroviaria en el plano transversal.

Así, inicialmente, en 1963 el profesor A. D. de Pater, elaboró para el ORE el documento técnico (DT3) relativo a: «Exposé de la theorie de l'interaction entre la voie et le vehicule de chemin de fer. Mouvement sur une voie en alignement droit». La contribución siguiente la llevó a cabo P. van Bommel en 1968 (Documento técnico DT18), después que este autor hubiese obtenido el título de doctor por la Universidad de Delft con su tesis: «Application de la théorie des vibrations nonlineaires sur le problem du mouvement de lacet d'un vehicule de chemin de fer» en 1964. Poco tiempo después, en la misma Universidad, Hendrik G. Stassen (1967) obtendría su título de doctor en ingeniería mecánica con su tesis: «Random Lateral Motions of Railway Vehicles». Esta investigación supuso un nuevo avance en el conocimiento al introducir la influencia, en el movimiento de los vehículos ferroviarios, de la existencia en la vía de defectos geométricos aleatorios.

Cuando con posterioridad se incluyeron en los estudios del ORE las cuestiones relativas a los efectos dinámicos en puentes de ferrocarril, en líneas convencionales o de alta velocidad, expertos procedentes de otras universidades se incorporaron a los comités que abordaron las citadas temáticas. En forma análoga cuando la construcción de líneas de alta velocidad obligó a investigar en detalle los fenómenos aerodinámicos en túneles.

Como indicamos precedentemente, la actividad de los organismos de investigación conjunta creados por los ferrocarriles europeos: el ORE, en una primera etapa, y el ERRI, en la segunda y última etapa de un proyecto común, finalizó en el año 2004. Debe subrayarse que la fecundidad del trabajo realizado durante más de 50 años, permitió al ferrocarril establecer las bases de su consolidación tanto a nivel nacional como en el ámbito de las comunicaciones internacionales. Quizás es de interés señalar que los citados organismos elaboraron durante su existencia más de 1.200 informes y 300 documentos técnicos de gran relevancia.

Para tratar de entender, al menos en parte, la desaparición del organismo de investigación conjunta de los ferrocarriles europeos se ha señalado, en ocasiones, que la razón fundamental se derivó de la llegada de los servicios de alta velocidad. Se afirma, en efecto, que esta nueva oferta abrió la puerta a un espacio temporal de mayor competitividad entre los ferrocarriles de uno y otro país, dando paso por tanto a un nue-

vo escenario por lo que respecta a la investigación. Sin embargo debe subrayarse que este cambio no sólo no afectó negativamente a la contribución de la Universidad sino que, por el contrario, reforzó su papel.

Por ello, en los siguientes apartados, nos proponemos exponer, de forma obligadamente resumida, los principales ámbitos en los que algunas universidades de cada país están presentes en la investigación ferroviaria. El objetivo principal es poner de relieve esta nueva realidad, no comparar entre sí las actividades de unas u otras universidades. Para ello hemos creído conveniente apoyarnos en las tesis doctorales que son el origen o la consecuencia de la participación en la investigación ferroviaria.

Es evidente y somos conscientes que este indicador no representa más que una faceta de la actividad universitaria, al no considerarse los numerosos trabajos de investigación que se llevan a cabo en ella, los cuales no necesariamente se plasman o tienen por finalidad convertirse en tesis doctorales. Sin embargo, a los efectos del objetivo del presente artículo, nos ha parecido un enfoque adecuado, para resaltar la contribución de la Universidad.

4.3. Holanda

Como reconocimiento a la importante contribución realizada por la Universidad de Delft ,en el pasado, en el ámbito de la dinámica ferroviaria, iniciaremos nuestra exposición por Holanda. Debe señalarse, en primer lugar, que además de los ya mencionados

trabajos de Van Bommel, de Pater y Stassen, uno de los hitos más relevantes tuvo lugar en 1967 con la tesis doctoral de J. Kalker, sobre las acciones existentes en el contacto rueda-carril,” On the Rolling Contact of Two Elastic Bodies in the Presence of Dry Friction” que desde entonces se convirtió en una referencia obligada. Puede afirmarse que en la mayoría de las publicaciones técnicas sobre dinámica ferroviaria la citada obra siempre es mencionada.

En el tiempo transcurrido desde los años 70, la Universidad de Delft ha continuado aportando su ayuda al ferrocarril, extendiendo su área de influencia a otros campos de este modo de transporte. A los efectos del presente escrito dos Profesores han sido el centro en torno al cual se han producido las más relevantes contribuciones. Nos referimos al profesor Coenraad Esveld de Ingeniería Ferroviaria y al profesor Ingo Hansen de Planificación del Transporte.

El primero constituye un caso poco habitual aunque no único, al trabajar inicialmente en los ferrocarriles holandeses durante el período 1973-1990, y hacerse cargo con posterioridad desde 1993 de la enseñanza e investigación ferroviaria en la citada Universidad hasta su retirada en el año 2008. Una particularidad añadida del profesor Esveld fue su formación, eminentemente estructural, siendo especialista en vibraciones aleatorias y análisis por elementos finitos. En todo caso su tesis doctoral, presentada en la Universidad de Varsovia bajo la dirección del profesor H. Baluck, experto invitado de diferentes Comités ORE, versó sobre un tema ferroviario: «Las funciones de transferencia teóricas y prácticas de

Cuadro 16. Algunas tesis doctorales realizadas en la Universidad de Delft sobre la interacción vía-vehículo (1993-2009)	
Título	Autor-Año
Dynamic analysis of railway wheelsets and complete vehicle systems	Y. Guang (1993)
Stability of continous welded rail track	M. A. Van (1997)
Wheel-rail noise generation curve squealing by trams	F. Periard (1998)
Optimisation of the dynamic behaviour of mechanical systems	V. L. Markine (1999)
Dynatrack - a survey of dynamic railway properties and their quality	A. P. de Man (2002)
Wheel-rail rolling contact and its applicatins to wear simulation	Z. Li (2002)
Instability of a vehicle moving on an elatic structure	S. N. Ventchev (2002)
Three-dimensional dynamic models of a railway track for high-speed trains	A. V. Vostrukhow (2002)
The mechanical behaviour of ballasted railway tracks	A. S. J. Suiker (2002)
Wheel-rail interaction at short wave regularities	M. J. M. M. Steenbergen (2008)
Fuente: A. López Pita (2010).	

Cuadro 17. Algunas tesis doctorales sobre temas ferroviarios realizadas en las Universidades de Utrecht y Rotterdam

Título	Autor-Año-Universidad
Cyclic railway timetable optimization	L. W. P. Peeters (2003) Erasmus University of Rotterdam
Punctuality of railway operations and timetable stability analysis	R.M.P. Goverde (2005)
Reliability of railway systems	M. J. C. Maria Vromans (2005) Erasmus University of Rotterdam
Impact of hight-speed railway accesibility on the location choices of office establishments	J. Willigers (2006) University of Utrecht
Operations research models for scheduling railway infrastructure maintenance	Gabriella Budai-Balke (2009) Erasmus University of Rotterdam

Fuente: A. López Pita (2010).

las máquinas de conservación de vías de ferrocarril» (1978). En el cuadro 16, se explicitan algunas de las tesis doctorales defendidas en Delft.

Por su parte, el profesor Ingo Hansen tiene su campo de trabajo en la aplicación de la investigación operativa a la optimización de la explotación ferroviaria. Su actividad se enmarca en la que realizan conjuntamente un grupo de universidades holandesas en Utrecht y Rotterdam, tal como se muestra en el cuadro 17.

4.4. Reino Unido

Como corresponde al país donde nació el ferrocarril numerosas Universidades realizan actividades de

investigación en este modo de transporte. Entre ellas: Nottingham, Sheffield, Southampton, Edinburg, Cambridge, Oxford, Birmingham y Loughborough.

Básicamente son tres las áreas de trabajo:

- Balasto y plataforma
- Dinámica de vehículos
- Ruidos y vibraciones

tal como puede apreciarse en la síntesis mostrada en el cuadro 18.

En la primera área destacan especialmente las investigaciones que se llevan a cabo en la Universidad de Nottingham, que dispone de expertos en cinco

Cuadro 18. Principales tesis doctorales sobre ferrocarriles en las Universidades del Reino Unido (1973-2009)

Título	Autor-Año-Universidad
The behaviour of a granular material under repeated loading	J. R. Boyce (1976). University of Nottingham
Mechanics of railway ballast behaviour	W. Loon Lim (2004) University of Nottingham
A laboratory study of railway ballast behaviour under traffic loading and tamping maintenance	B. Aursudkij (2007) University of Nottingham
Discrete element modelling of railway ballast	Mingfei Lu (2008) University of Nottingham
Behaviour of two layer railway track ballast under cyclic and monotonic loading	A. Key (1998) University of Sheffield
The geotechnical behaviour of ballast materials for railway track maintenance	P. Fair (2003) University of Sheffield
Development and application of theoretical models for high frequency vibration of railway track	T. Wu (2000) University of Southampton

Cuadro 18. Principales tesis doctorales sobre ferrocarriles en las Universidades del Reino Unido (1973-2009) (Continuación)

Título	Autor-Año-Universidad
Resilient and permanent deformation of railway formations under principal stress rotation.	P.J. Gräbe (2002) University of Nottingham
Calculation of noise from railway bridges and viaducts	O. G. Bewes (2005) University of Southampton
Theoretical modelling of railway curve squeal	Z. Huang (2007) University of Southampton
The development of rail-head acoustic roughness	B. Elizabeth Croft (2009) University of Southampton
A methodology for developing high damping materials with application to noise reduction of railway track	N. Ahmad (2009) University of Southampton
The corrugation of railway track	S. L. Grassie (1980) University of Cambridge
Vibration from underground railways	M. Hussein (2004). University of Cambridge
The steady state forces and moments on a railway wheelset including flange contact conditions	B. V. Brickle (1973) University Loughborough
Dynamic analysis of railway vehicle/track interaction forces	G. A. Hunt (1986). Loughborough University
The dynamics of perfect steering bogie vehicles and its improvement with a reconfigurable mechanism	W. Li (1995) Loughborough University
Fuente: A. López Pita (2010)	

Cuadro 19. Algunas tesis doctorales sobre el ferrocarril en Suecia

Título	Autor-Año-Universidad
Modelling stiffness and damping by use of fractional calculus, with application to railpads	A. Fernander (1997) Chalmers University of Technology
On ground and structural vibrations related to railway traffic	J. Jonsson (2000) Chalmers University of Technology
Structural behaviour of concrete railway sleepers	R. Gustavson (2002) Chalmers University of Technology
Modelling and simulation of train-track interaction including wear prediction	C. Andersson (2003) Chalmers University of Technology
Dynamic train-turnout interaction mathematical modelling, numerical simulation and field testing	E. Kassa (2007) Chalmers University of Technology
Ride comfort and motion sickness in tilting trains. A study on human responses to motion environments in train and simulator experiences	J. Förstberg (2000) Royal Institute of Technology
Countermeasures against railway ground and track vibrations	R. Hildebrand (2001) Royal Institute of Technology
Analysis of traffic load effects on railway bridges	G. James (2003) Royal Institute of Technology
Simulation of wheel and rail profile evolution-wear modelling and evaluation	R. Enblom (2006) Royal Institute of Technology
Track Deterioration of Ballasted track.Marginal cost model for railway vehicles.	J. Oberg (2006) Royal Institute of Technology
Fuente: A. López Pita (2010).	

ámbitos de la actividad ferroviaria, encabezada por el profesor Stephen Brown.

Por lo que respecta a la investigación en dinámica de vehículos, sobresale la Universidad de Loughborough bajo la dirección del Dr. A. Wickens, antiguo Director de investigación de los ferrocarriles británicos; ex Presidente del ERRI y autor de numerosas publicaciones sobre el tema. Se recuerda, no obstante, que una de las primeras contribuciones a la dinámica ferroviaria, fue realizada por R. Illingworth, en la Universidad de Oxford, en 1975, con su Tesis Doctoral “The Mechanism of Railway Vehicle Excitation by Track Irregularities”

Finalmente y en lo que concierne al estudio de ruidos y vibraciones, la referencia es la Universidad de Southampton, donde, desde 1996, David Thompson es profesor de ruidos y vibraciones en el ferrocarril. Como se indicó anteriormente, durante un cierto tiempo trabajó en el Centro de Investigación de Derby de los ferrocarriles británicos. Precisamente en el año 1990 defendió su tesis doctoral bajo el título: «Wheel-rail noise theoretical modelling of the generation of vibrations» en la citada Universidad de Southampton.

4.5. Países nórdicos

Diversas universidades de este grupo de países trabajan en la investigación ferroviaria, pero sin duda dos destacan por encima de todas: «Chalmers University of Technology» en Göteborg, posiblemente la de mayor

relevancia, y el «Royal Institute of Technology» en Estocolmo.

En ambas universidades, su campo principal de actuación es la dinámica ferroviaria considerada desde una perspectiva global. Es decir, tanto por lo que afecta a la vía, a los vehículos o al medio ambiente. Quizás dos de las tesis doctorales mencionadas en el cuadro 19, merecen algunos comentarios explícitos. La primera, debida a E. Kassa por ser de las escasísimas referencias, a ese nivel de investigación, que pueden encontrarse en la literatura técnica en relación con la interacción vehículo-aparatos de vía. La segunda, realizada por J. Forstberg sobre los efectos en el confort de los viajeros de la utilización de vehículos de caja inclinable en las curvas. Se recuerda la introducción en explotación comercial en Suecia de las conocidas ramas X2000, dotadas de caja inclinable.

4.6. Alemania

La actividad investigadora en el ámbito ferroviario ha sido, históricamente, muy relevante en las universidades de Munich, Berlín y Hannover entre otras.

En la primera de ellas, Universidad Técnica de Munich, cabe recordar que en 1953 el Dr Hermann Meier fue nombrado profesor de ferrocarriles y carreteras. En paralelo se creó el «Institute for Railroad and Highway Design», en cuyo ámbito se llevaron a cabo interesantes trabajos de investigación ferroviaria.

Cuadro 20. Tesis doctorales sobre ferrocarril realizadas en la Universidad Técnica de Munich, en el período 1956-1973

Título	Autor-Año
Aumento de las solicitudes de la superestructura ferroviaria a causa de las interacciones entre el vehículo y la superestructura.	Christian Betzhold (1956)
Investigación teórica de escarpas y grapas elásticas.	Josef Eisenmann (1958)
Contribución a la cuestión de la resistencia de los clavos de vía en las traviesas de madera.	Werner Herbst (1963)
Las almohadillas elásticas en la superestructura ferroviaria	Adnan Medliji (1963)
Influencia de la fundación, el asiento de la vía y los diferentes elementos de la superestructura sobre la tensión del carril bajo carga estática vertical.	Wolfgang Vierkant (1964)
Contribución a la determinación de la duración admisible de permanencia de los carriles en la vía.	Erich Kopp (1970)
Contribución al dimensionamiento óptimo de las traviesas de madera.	Florian Deischl (1973)
Contribución a la investigación teórica y a la comprobación experimental de los carriles ferroviarios.	Günter Oberweiler (1973)

Fuente: A.López Pita (2010)

Cuadro 21. Algunas tesis doctorales llevadas a cabo en la Universidad de Berlín sobre el ferrocarril

Título	Autor-Año
The influence of surface roughness on the generation of structure-borne noise during rolling	H. M. Fischer (1986)
An attempt to explain the structure-borne noise and impedance behavior of two bodies in rolling, taking account of the contact stiffness and excitation.	J. Feldmann (1986)
Corrugation on railway rails.A linear model for prediction.	K. Hempelmann (1984)
The contact between micro-rough rails and wheels.	F. Buscher (2002)
Reliability based analysis of the crosswind stability of railway vehicles.	A. Carrarini (2006)
Fuente: A.López Pita (2010)	

La prematura desaparición del profesor Meier, en 1968, dio lugar(1969) al acceso a la cátedra del profesor Josef Eisenmann, el cual había trabajado durante 12 año como investigador en los ferrocarriles alemanes. El referido Instituto continuó su actividad bajo la nueva designación de «Institute for Permanent Way». En el cuadro 20 se explicitan algunas de las tesis doctorales realizadas durante el período 1956-1973.

El profesor Eisenmann fue el impulsor de la utilización de la vía sobre placa de hormigón, que posteriormente se adoptaría en algunas líneas alemanas de alta velocidad, después de realizar múltiples investigaciones, a partir de las primeras experiencias en Rheda.En este contexto se inscribe la tesis doctoral de M. Brenschede, en el año 2000, con el título: "Parameter studies on the dynamic behaviour of slab track system". Cuando se retiró por edad, le sustituyó el profesor Günther Leykauf que llevó a cabo importantes investigaciones sobre las vibraciones en la capa de balasto y sobre el interés de

colocar elementos elásticos bajo las traviesas. La breve exposición realizada permite intuir la larga y fructífera trayectoria de las investigaciones ferroviarias realizadas en la Universidad Técnica de Munich.

Por otro lado merece destacarse también la actividad investigadora del profesor Eberhard Hohnacker, responsable desde 1994 de ferrocarriles en el «Institute for Road and Railway Systems» de la Universidad de Karlsruhe. Con anterioridad trabajó en los ferrocarriles alemanes durante 12 años en el ámbito de la planificación de la explotación. Citaremos también al profesor W. Herbst que, en la década de los años 80 fue el Director del Instituto de Planificación de Transportes y de Construcción de Vías de Comunicación de la Universidad Técnica de Berlín.

Llegados a este punto y tomando como referencia el caso alemán, extrapolable al resto de países europeos considerados en este escrito, es de interés señalar los cambios producidos en la investigación ferroviaria. En

Cuadro 22. Algunas tesis doctorales llevadas a cabo en Universidades alemanas sobre el ferrocarril

Título	Autor-Año-Universidad
Estabilidad y desgaste de los ejes montados que se mueven sobre carriles.	M. Meywerk (1997) Technische Universität Braunschweig
Optimización de la programación de servicios en transporte público ferroviario.	T. Lindner (2000) Technische Universität Braunschweig
Investigación basada en modelos de la dinámica de vía y del comportamiento del balasto.	H. Kruse (2002) Universität Hannover
Sobre la aparición e intensificación de defectos de redondez en ruedas ferroviarias a alta velocidad.	G. B. Morys (1994) Universität Karlsruhe
Ley del desgaste del sistema rueda-carril.	K. H. Kim (1996) Technische Hochschule Aachen
Fuente: A.López Pita (2010)	

Cuadro 23. Algunas tesis doctorales sobre el ferrocarril en Suiza

Título	Autor-Año-Universidad
Evaluation de la capacité de réseaux ferroviaires.	P. Hachemane (1997) École Polytechnique Fédérale de Lausanne
Reduced-scale aerodynamic testing of high-speed vehicles in tunnels	V. Bourquin (1999) École Polytechnique Fédérale de Lausanne
Gestion stratégique de la maintenance et de la capacité d'un réseau ferré.	Y. Putallaz (2007) École Polytechnique Fédérale de Lausanne
Reinforced concrete bridges under increase railway traffic loads. Fatigue behaviour and safety measures	A. Herwig (2008) École Polytechnique Fédérale de Lausanne
Modelling degradation process of switches and crossing for maintenane and renewal planing on the swiss railway	W. J. Zwanenburg (2009) École Polytechnique Fédérale de Lausanne
Higher vibration modes in railway tracks at their cutoff frequencies	M. R. Plaffinger (2000) Swiss Federal Institute of Technology Zurich
Capacity of railways in station areas using petri nets	D. M. Burkolter (2005) Swiss Federal Institute of Technology Zurich
Stability of timetables and train routings through station regions	T. M. Herrmann (2006) Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Fuente: A. López Pita (2010).

efecto, en las últimas décadas las técnicas de modelización han avanzado de tal modo que buena parte de los departamentos universitarios que las utilizaban para analizar problemas en el ámbito de la mecánica, han extendido su aplicación al marco ferroviario.

En este contexto no sorprende que, en Alemania, los principales trabajos llevados a cabo en el campo de la dinámica ferroviaria, hayan tenido su mayor desarrollo en el Departamento de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad de Berlín (cuadro 21), en el que estaba encuadrado el profesor Klaus Knothe. A su campo de trabajo, la dinámica ferroviaria, aplicó sus amplios conocimientos matemáticos, especialidad con la que concluyó sus estudios de formación en las universidades de Munich y Darmstadt. De tal manera que es factible encontrar publicaciones suyas referidas a diversos aspectos de la interacción vía-vehículo. Por ejemplo: el comportamiento de las placas de asiento colocadas sobre las traviesas o el desgaste ondulatorio de los carriles.

La Universidad de Hannover efectuó, a comienzos de la década de los años 70, una importante contribución al progreso del ferrocarril con la tesis doctoral de L.Gackenholtz(1973) "Contribución a la determinación de las condiciones aerodinámicas en tuneles ferroviarios largos al paso de trenes rápidos" Por otro lado, debe destacarse que, con posterioridad y en el mismo contexto que el señalado para el profesor K. Knothe, puede si-

tuarse la actividad investigadora del profesor Karl Popp en la Universidad Técnica de Hannover desde 1985, hasta su fallecimiento en abril del año 2005. En ella trabajó en el Departamento de Ingeniería Mecánica, impartiendo docencia en esta disciplina. Otro centro de referencia ha sido la Universidad de Stuttgart, a través de su Instituto de Mecánica con los profesores Warner Schiehlen y Peter Meinke.

Algunas de las tesis doctorales realizadas en otras universidades que la de Berlín, se mencionan en el cuadro 22.

Para concluir este apartado consideramos oportuno recordar que posiblemente una de las primeras investigaciones sobre el comportamiento del balasto, fue realizada en el marco de la tesis doctoral que ya, en 1959, Gunther Coesfeld, presentó en la Universidad de Aachen, referida específicamente a las propiedades elásticas de aquél.

4.7. Suiza

Como se indicó con anterioridad, los dos centros universitarios de referencia en el ámbito de la investigación ferroviaria son: «l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne» y el «Swiss Federal Institute of Technology» de Zurich. En el primero destacó la actividad del profesor Roger Rivier desde finales de los años 70. De-

safortunadamente falleció prematuramente días antes de la defensa de la tesis doctoral de Y. Putallaz, sobre su gran especialidad, el mantenimiento de las líneas de ferrocarril. El cuadro 23, muestra las áreas en que se han desarrollado algunas de las tesis doctorales defendidas en los últimos años en ambos centros. Su análisis refleja una temática muy variada.

4.8. Austria

En el campo de la vía quizás la universidad austríaca más vinculada a la investigación ferroviaria ha sido la de Graz. Hace ya más de cuarenta años el profesor K. Klugar investigó sobre el comportamiento de las partículas utilizadas como balasto. Con posterioridad en la citada Universidad, en 1974, H. Profanter presentó su tesis doctoral sobre la mejora de dicho comportamiento mediante la modificación de su granulometría. Con posterioridad, en 1983, J. Fischer defendió su tesis doctoral sobre el tema: "Influencia de la frecuencia y la amplitud sobre la estabilización del balasto de la vía".

En los últimos veinte años y bajo la dirección del profesor Klaus Riesberger se realizaron interesantes investigaciones sobre la optimización del diseño de la superestructura ferroviaria y sobre la evolución de la calidad geométrica de la vía bajo la acción del tráfico. La primera línea de trabajo dio como resultado la configuración de un nuevo tipo de traviesa, denominada «traviesa cuadro», que en la actualidad está siendo experimentada en algunas líneas europeas. La segunda línea de investigación permitió al profesor Peter Veit, de dicha universidad, proponer un modelo para cuantificar los costes de mantenimiento de las vías de ferrocarril, desde una perspectiva global de éstas, es decir, considerando su ciclo de vida.

En el ámbito específico de las tesis doctorales puede mencionarse la presentada por el jefe de investigación de la conocida empresa de maquinaria de vía, Plasser and Theurer, Bernhard Lichtberger. Recientemente, en el año 2009, el Ingeniero Jochen Holzfeind se doctoró en Graz con una tesis titulada: «For the predictability of track quality behaviour analysis of track behaviour in individual cross-section».

Señalar, por último, la participación de la Universidad de Innsbruck, a través del Instituto de Ferrocarril y Transporte Público, profesor Erich Kopp, en las investigaciones realizadas en la presente década, por los ferrocarriles austríacos, respecto a la circulación del tren ICE, por algunas secciones a 300 km/h.

4.9. Francia

Desde la creación de la SNCF en 1938, los ferrocarriles franceses llevaron a cabo por sí mismos notables trabajos de investigación, en los campos más importantes de este modo de transporte. De hecho, su interés por elevar las velocidades máximas de circulación de los trenes de viajeros, para hacer más competitiva su oferta, dio lugar a notables trabajos tanto teóricos como experimentales, especialmente, desde la década de los años 50. Investigaciones que continúan en la actualidad. La dimensión internacional de sus aportaciones queda reflejada sin más que referirse a las contribuciones realizadas por el célebre ingeniero de la SNCF, André Prud'homme. En efecto, durante la década de los años 60, formuló la expresión que lleva su nombre para calcular la resistencia lateral de una vía férrea. También, estableció la expresión matemática para evaluar las sollicitaciones verticales ejercidas por los vehículos, a partir de la consideración de las acciones debidas a las masas no suspendidas y suspendidas de aquellos. Ambas contribuciones las realizó siendo el Jefe de la División de Estudios e Investigaciones de la vía.

En todo caso, no ha sido muy frecuente que las citadas investigaciones se plasmasen en tesis doctorales por parte de los ingenieros que trabajaban en la SNCF. A este respecto recordamos tan sólo las tres siguientes:

- La stabilité des longs rails soudés.
Roland Sauvage (1966)
- «Vers un dimensionnement optimal des couches d'assise de la voie ferrée»
G. Larible (1981)
- «Stabilité transversale et confort vibratoire en dynamique ferroviaire»
Roland Joly (1983)

Por lo que respecta a la investigación en la Universidad, cabe destacar que desde que Jean Alias, «Directeur de l'Équipement» en la SNCF, se hizo cargo de la enseñanza del ferrocarril en l'École Nationale des Ponts et Chaussées, en París, en la segunda mitad de los años 60, se estableció un vínculo muy positivo. Quizás uno de los primeros ejemplos de ello se encuentra en el trabajo fin de carrera realizado por los entonces alumnos: R. Cousty y G. Tro, a propuesta de A. Prud'homme, y que mereció ser publicado en la Revue Generale des Chemins de Fer, de marzo de 1972,

Cuadro 24. Tesis doctorales realizadas sobre el balasto en L'Ecole Nationale des Ponts et Chaussees de París (1996-2009)

Título	Autor-Año
Approche expérimentale et numérique du comportement du ballast des voies ferrées	Nathalie Guerin (1996)
Comportement du ballast des voies ferrées soumises à un chargement vertical et lateral	Valerie Bodin (2001)
Etude du comportement du ballast par un modèle micromecanique	X. Oviedo-Marlot (2001)
Analyse par le calcul des structures du comportement cyclique à long terme des infrastructures de transport	M. Abdelkrim (2004)
Analyse des deformations permanentes des voies ferrées ballastées: approche dynamique	A. Al Shaer (2005)
Modélisations discrètes et continues de la voie ferrée ballastée	L. Ricci (2006)
Comportement des matériaux granulaires sous vibration: application au cas du ballast	Ali Karrech (2007)

Fuente: A. López Pita (2010).

con el título: «Etude théorique de l'évolution des défauts de nivellement longitudinal d'une voie ferrée sous l'effet de charges roulantes répétées»

A finales de los años 70 y comienzos de los ochenta, cuando el ingeniero francés Philippe Roumeguere, había sustituido al Profesor Alias, tanto en su puesto de la SNCF como en la Universidad, por razones de edad, dos nuevas tesis doctorales fueron presentadas:

- «Pour un modèle mathématique de la voie ferrée moderne». M. Balsan (1980)
- «La voie ferrée et sa fondation» V. Profillidis (1983)

A partir de mediados de los años 90, la colaboración entre l'École des Ponts et Chaussées y la Dirección de la Investigación y Tecnología de la SNCF, adquiere un gran desarrollo en el ámbito del comportamiento del balasto bajo la acción del tráfico. Era evidente que para disponer de un mejor conocimiento de las posibilidades de la vía sobre balasto, la única utilizada a gran escala por la SNCF, resultaba imprescindible profundizar en el análisis de las partículas que se colocan bajo las traviesas.

Aprovechando las nuevas instalaciones de l'École des Ponts en Marne la Vallée, en los últimos años se ha

Cuadro 25. Algunas tesis doctorales sobre el ferrocarril en Universidades francesas

Título	Autor-Año-Universidad
Propagation d'ondes dans un massif soumis à une charge se déplaçant à vitesse constante	G. Lefeuvre (1999) École Centrale de Nantes
Étude théorique et expérimentale de la propagation dans le sol des vibrations émises par un trafic ferroviaire	B. Picoux (2002) École Centrale de Nantes
Etudes numerique et experimentale de la resistance à l'avancement d'un train à grande vitesse	N. Paradot (2001) Université de Poitiers
Modelisation et résolution de problemes liés à l'exploitation d'infrastructures ferroviaires	X. Delorme (2003) Université de Valenciennes
Approche energetique non locale du calcul de duree de vie de structures en fatigue multiaxiale sous chargements d'amplitude variable. Application a une roue de train ferroviaire.	J. Benabes (2006) Ecole nationale Supérieure d'Arts et Metiers (Bordeaux)
Modeles et techniques probabilistes pour l'optimisation des strategies de maintenance. Application au domaine ferroviaire.	C. H. Hirmer (2007) Université de Marne-la Vallée

Fuente: A. López Pita (2010)

Cuadro 26. Algunas tesis doctorales sobre el ferrocarril realizadas en Universidades de Italia

Título-Año	Autor-Universidad
Odometry Algorithm for railway applications (2003)	Monica Malvezzi Università di Bologna
Models and algorithms for combinatorial optimization problems arising in railway applications (2007)	Valentina Cacchiani Università di Bologna
Analisi numerico-sperimentale delle forze Aerodinamiche sue veicoli ferroviari.(2005)	G.Tomasini Politecnico de Milano
La trasformazione del ruolo Della stazione Ferroviaria verso l'alta velocità.(2006)	Valeria Nuzzo Università degli Studi di Napoli Federico II
La sovrastruttura ferroviaria:della gestione all'innovazione (2008)	Marco Guerrieri Università di Palermo
Modelli ed algoritmi per la risoluzione del problema di assegnazione dinamica alle reti di trasporto (2005)	Lorenzo Meschini Università di Roma "La Sapienza"
Numerical validation of the dynamic behaviour of a railroad bogie (2005)	Fabio Pigorini Politécnico di Torino
Estimation of railway capacity consumption using stochastic differential equations (2008)	Roberto Stok Università di Trieste
Potenzialità dell'infrastruttura ferroviaria nella trasformazione del territorio e della città(2008)	Cristina Bradaschia Università di Trieste
Fuente: A.López Pita (2010)	

avanzado mucho en el conocimiento del balasto. De este hecho son reflejo las tesis doctorales realizadas que se explicitan en el cuadro 24. Notese como han sido abordados numerosos aspectos del comportamiento de este material: frente a esfuerzos verticales, laterales, cargas ciclicas y vibraciones.

Se subraya, no obstante, que las investigaciones sobre este componente de la vía han tenido lugar también en la Universidad de Montpellier, las cuales se han traducido en las dos tesis doctorales siguientes:

- Contribution a la modelisation de granulats tridimensionnels: application au ballast.
Gilles Saussine (2004)
- Etude numérique des matériaux granulaire à grains polyédriques: rhéologie quasi-statique, dynamique vibratoire, application au procédé de bourrage du ballast»
E. Azema (2007)

Para concluir debe señalarse que las investigaciones ferroviarias no se han limitado a las Universidades y temas mencionados, sino que en otros centros se han abordado también otras temáticas (cuadro 25).

4.10. Italia

De una manera general se reconoce que la investigación ferroviaria en el ámbito universitario, se ha realizado, básicamente, en el Politécnico en Milan y de Turin. Sin embargo, un análisis de la actividad llevada a cabo en otras ciudades italianas, refleja también la atención prestada, a nivel de tesis doctorales, que es la referencia de este artículo, por otras universidades como: Bolonia, Trieste, Palermo, Nápoles y Roma, entre otras. Es un hecho, no obstante, que en los dos Politécnicos citados los trabajos de investigación se centran en el comportamiento de la vía y los vehículos, mientras que en el resto de universidades el interés se

enmarca en el ámbito de la explotación ferroviaria. El cuadro 26 refleja esta realidad.

4.11. España

La vinculación de la investigación ferroviaria a la Universidad española es cada día mayor como se expondrá a lo largo de este apartado, desde sus primeros inicios en la década de los años 40 del siglo XX. En efecto en la Revista de Obras Públicas del mes de octubre de 1946, un artículo titulado «Nuevo laboratorio de investigaciones ferroviarias» firmado por Domingo Mendizabal, daba cuenta de la creación del mismo afectado a la Escuela de Ingenieros de Caminos.

El autor indicaba que este laboratorio podría actuar con mayor libertad a la hora de realizar las investigaciones, ensayos y experiencias necesarias, aconsejando o no, según los resultados obtenidos, su adopción por parte de Renfe y demás administraciones explotadoras de los ferrocarriles de vía estrecha. Un aspecto de interés señalado por D. Mendizabal, era que «la materialización del citado Laboratorio de Investigaciones Ferroviarias, no exigía, como sucedía con otros ya afectados a la Escuela, grandes instalaciones ni medios propios, teniendo en cuenta que para alcanzar su finalidad donde tiene en realidad que trabajar es en las instalaciones reales de los ferrocarriles de vía ancha y estrecha».

Por otro lado, E. Alarcón (1970) al referirse en su artículo, también en la Revista de Obras Públicas, a los efectos dinámicos en los puentes de ferrocarril, recordó que ya en 1953, M. H. Hacar había presentado en el ámbito del XXII Congreso de las Ciencias de Oviedo, un resumen de las medidas realizadas en el marco del Centro de Estudios e Investigaciones Ferroviarias, dirigido por Mendizabal. Experiencias que tuvieron lugar como precisa E. Alarcón, tan sólo 5 años después de las llevadas a cabo por la A.R.E.A. (American Railway Engineering Association).

Con la publicación de la tesis doctoral de E. Alarcón en 1970, «Efectos de impacto en puentes de ferrocarril» se inicia probablemente el período en el que la Universidad aportará en España una sólida contribución al progreso del ferrocarril. Es preciso reconocer que cuando E. Alarcón presentó su tesis doctoral en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, desarrollaba su actividad profesional en Renfe, en la Subjefatura de Estudios y Obras Nuevas de la Dirección de

Instalaciones Fijas, para luego incorporarse como Catedrático a las Universidades de Cataluña, Sevilla y Madrid.

La línea de investigación que emprendió le llevó a dirigir en el ámbito de la Escuela de Ingenieros Industriales de Madrid las tesis doctorales siguientes sobre el tema de los puentes de ferrocarril:

- «Interacción vehículo-vía-estructura-terreno en puentes de ferrocarril»
R. A. Cabal (1984)
- «Interacción vehículo-estructuras y efectos de resonancia en puentes isostáticos de ferrocarril para líneas de alta velocidad»
P. M. Romero (2002)

Además de la referida al «Aislamiento de vibraciones generadas por el tráfico ferroviario» de J. M. Bermejo (1994).

La línea de investigación mencionada no se ha interrumpido dado que P. Museros Romero acaba de dirigir la tesis doctoral «Atenuación de vibraciones resonantes en puentes de ferrocarril de alta velocidad mediante amortiguadores fluido-viscosos» presentada por M.^a Dolores Martínez, en la Universidad Politécnica de Valencia en el año 2009.

En el ámbito de la investigación ferroviaria sobre la vía, otro ingeniero de Renfe, J. J. López Pita, presentó en la E.T.S.I. de Caminos de Madrid, en 1976, la tesis doctoral «Criterios para la planificación óptima de la conservación y renovación de una vía férrea a partir de la evolución de su geometría», que supuso un nuevo avance respecto a los trabajos de Costry y Tro, en Francia, antes mencionados.

En ese mismo año, el autor de este escrito defendió en la misma Escuela su tesis doctoral sobre la deformabilidad del sistema balasto-plataforma bajo la acción del tráfico. En razón de nuestra actividad docente en la E.T.S.I. Caminos de Barcelona, hemos tenido la oportunidad de dirigir las siguientes tesis doctorales relacionadas con el campo de investigación anterior o su alternativa, es decir la vía sin balasto.

- «Contribución al estudio resistente de las vías ferroviarias sobre losas de hormigón, en plataformas naturales, mediante el método del prisma finito»
Miguel Canet (1981)

Cuadro 27. Algunas tesis doctorales sobre el ferrocarril realizadas en las E.T.S. Ingenieros Industriales de San Sebastián y Bilbao

Título	Autor-Año
Una nueva estrategia para el control activo de la basculación en vehículos ferroviarios. Análisis, desarrollo y experimentación en vía	A. M. Suescun (1996)
Análisis y desarrollo de sistemas de orientación de ejes para vehículos ferroviarios	J. García Amigot (1998)
Theoretical and experimental analysis of ring-damped railway wheels	Inés López Arteaga (1998)
Development and analysis of solutions for the active steering of railway vehicles	J. Pérez Sarasola (2002)
Caracterización dinámica de un sistema ferroviario para el estudio de la corrugación	J. Egaña (2004)
Nuevos desarrollos para la resolución del problema de contacto rueda-carril y su aplicación a simulaciones dinámicas	A. Alonso (2005)
Desarrollo de modelos avanzados para el estudio de la dinámica ferroviaria	J. Santamaría (2005)
Nuevas tecnologías ferroviarias de basculación y centrado de caja para su aplicación en bogies convencionales	A. Conde Mellado (2006)
Desarrollo de técnicas avanzadas para la medición de esfuerzos rueda-carril en trenes de alta velocidad	E. Gómez Martín (2007)

Fuente: A.López Pita (2010)

- «Contribución al conocimiento del mecanismo de deterioro de la geometría de la vía, por el análisis del comportamiento en rotura de los materiales que forman la capa de balasto»
J. Manuel Estradé (1989)
- «Contribución a la reducción de los costes de mantenimiento de vías de alta velocidad mediante la optimización de su rigidez vertical»
P. Fonseca Teixeira (2004)
- «La auscultación y los trabajos vía en la línea del AVE Madrid-Sevilla. Análisis de la experiencia y deducción de nuevos criterios de mantenimiento»
Luis Ubalde (2005)
- «Heterogeneidad resistente de las vías de alta velocidad: transición terraplén-estructura»
Inmaculada Gallego (2007)

Además de otras tesis doctorales sobre la tarificación por el uso de la infraestructura ferroviaria o sobre la influencia de las compañías aéreas «low cost» en la competitividad de los servicios de alta velocidad.

Nos referimos, por último, en la década de los años 70, a la tesis doctoral del posterior Catedrático de la Escuela de Ingenieros Industriales de San Sebastián, J. G. Germán Ortiz, que con el título: «Cál-

culo y optimización del comportamiento dinámico de vehículos, fue presentada en 1978 en la Universidad de Navarra. Supuso la apertura de una línea de investigación que dio lugar a un cierto número de tesis doctorales. La actividad de la Escuela de Ingenieros Industriales de Bilbao, profesor Ernesto Vadillo, se enmarca en un ámbito similar. En el cuadro 27, se explicitan algunas de las tesis doctorales realizadas en ambas Escuelas.

Si los Profesores que con anterioridad mencionamos pensamos que fueron los primeros en abrir líneas de investigación ferroviaria en algunos campos, con posterioridad la Universidad continuó aportando su ayuda al progreso técnico del ferrocarril. Como referencia pueden mencionarse las tesis doctorales siguientes:

- «Análisis paramétrico del comportamiento dinámico en vehículos ferroviarios de caja inclinable»
Antolin Heriz (1984), E.T.S.I. Industriales de Madrid
- «Estudio sobre la distribución y causas determinantes de las averías de los carriles en servicio»
L. M. Velilla (1987) E.T.S.I. Caminos de Madrid
- «Modelo para el análisis tridimensional de la propagación de las ondas de flexión en una vía férrea»
L. E. Lezaun (1990), E.T.S.I. Industriales de Madrid.

- «Optimización geométrico-dinámica de cambios de desvíos ferroviarios»
M. Rodríguez Bugarín (1992). E.T.S.I. Caminos de Santander.

Este último autor es en la actualidad Catedrático de Ferrocarriles de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Coruña.

En 1998, y para consolidar la investigación ferroviaria, se constituyó en la E.T.S.I. Industriales de Madrid el CITEF (Centro de Investigación en Tecnologías Ferroviarias) que ha realizado una importante actividad en colaboración con empresas del sector. Algunas de las tesis desarrolladas en el campo de la dinámica ferroviaria han sido las siguientes:

- «Modelo de microdeslizamiento rueda-carril para alta velocidad»
Emilio García García (1997)
- «Optimización de suspensiones neumáticas de vehículos ferroviarios»
J. C. Miguel de Priego (2004)
- «Estudio de la creación, desarrollo y método de detección de grietas en ruedas ferroviarias»
Belén Molina (2006)
- «Metodología y criterios de diseño aplicados a la optimización de un sistema de catenaria rígida para explotación ferroviaria».
Jennifer Paulin (2007)

Por su parte la E.T.S.I. Caminos de Madrid a través de las tesis doctorales de J. Domínguez y A. Carnerero, contribuyó al conocimiento del comportamiento de puentes de ferrocarril en líneas de alta velocidad:

- «Dinámica de puentes de ferrocarril para alta velocidad: métodos de cálculo y estudio de la resonancia»
J. Domínguez (2001)
- «Comportamiento dinámico de tableros de puentes de ferrocarril de alta velocidad formados con elementos transversales a la dirección de la vía»
Carnerero (2007)

En otro ámbito del ferrocarril se inscribe la tesis doctoral de R. Martínez-Llop, sobre el comportamiento de los materiales utilizados como balasto.

De una manera quizás más incipiente, pero en todo caso relevante, otros centros universitarios españoles se han ido incorporando al grupo de los que tienen en el ferrocarril alguna línea de investigación. Como referencia se mencionan en el ámbito del ICAI de Madrid las siguientes tesis doctorales:

- «Simulación y Control de Sistemas Ferroviarios»
A. Fernández (1997)
- «Diseño óptimo de la electrificación de alta velocidad».
E. Pilo (2002)
- «Análisis dinámico y optimización de catenarias para alta velocidad»
J. Jiménez Octavio (2009)

En la Universidad Politécnica de Valencia debe destacarse la actividad investigadora del Prof. Luis Baeza, a partir de la realización de su tesis doctoral, en 1999, sobre el tema «Desarrollo de modelos para el estudio de la dinámica de vehículos ferroviarios. Como resultado pueden referenciarse las dos tesis doctorales por él dirigidas:

- «Modelo dinámico de la interacción vía-vehículo basado en subestructuración».
Alejandro Roda (2006)
- «Dinámica estructural de cuerpos de revolución rotatorios: aplicación al eje de un vehículo ferroviario».

Más recientemente, la Universidad Carlos III de Madrid, a través de la tesis doctoral de Álvarez Caldas (2003) basada en el diseño y aplicaciones de un nuevo tipo de elemento finito, se ha incorporado, por medio del Departamento de Ingeniería Mecánica, a la investigación sobre el comportamiento del material ferroviario.

En la Escuela de Ingenieros Industriales de Sevilla, la tesis doctoral de P. Galván (2006) sobre «Análisis numérico y experimental de las vibraciones ocasionadas por el paso de trenes de alta velocidad en el suelo y en estructuras cercanas a la vía», dirigida por el Prof. J. Domínguez, significó la incorporación de una nueva universidad a la investigación ferroviaria.

De carácter singular pueden considerarse las dos tesis doctorales realizadas en la Escuela de Ingenieros Navales y en la Escuela de Ingenieros Aeronáuticos, bajo los títulos siguientes:

- "Propagación de grietas en campos complejos de tensiones; aplicación a la predicción de vida de ruedas de ferrocarril"
A. Martín (1984) E.T.S. Ingenieros Navales de Madrid.
- "Uso de parapetos para reducir las cargas de viento lateral en trenes de alta velocidad".
M. A. Barcala (2006) E.T.S. Ingenieros Aeronauticos de Madrid

La exposición realizada ha tratado de poner de relieve el vínculo existente entre la Universidad y la investigación ferroviaria en España. No he pretendido más que realizar algunos apuntes para avalar este enlace, y, en consecuencia quedaba lejos de mi objetivo el identificar a todos los grupos que aportan su esfuerzo al progreso de este modo de transporte y a los trabajos que realizan en forma de tesis doctorales. Agradeceré me disculpen cuantos involuntariamente no haya citado.

4.12. Otros países

La investigación ferroviaria podría decirse que es, en la actualidad, un lugar común de las universidades en Europa, como se ha expuesto con anterioridad. No hemos mencionado sin embargo, de forma explícita, la situación existente en otros países como Bélgica y Portugal.

Por lo que respecta a Bélgica, la Universidad de Lovaina, bajo la dirección del profesor Geert Degrande viene trabajando en el campo ferroviario desde hace más de una década. Especialmente en el marco de las vibraciones generadas por los trenes de alta velocidad, habiendo realizado un cierto número de campañas experimentales en las líneas belgas de alta velocidad. Fruto de ello fue la tesis doctoral de P. Van den Broeck (2001) con el título: «A prediction model for ground-borne vibrations due to railway traffic». En todo caso merece la pena señalar que el citado Profesor tiene su campo de especialidad en la dinámica de estructuras.

Nos referiremos finalmente al caso de Portugal. En Lisboa, destaca la investigación que lleva acabo el profesor Paulo Fonseca, desde la conclusión de su tesis doctoral en el año 2004, sobre el ciclo de vida de la superestructura e infraestructura ferroviaria y sobre la incorporación de materiales bituminosos para alargar su periodo temporal de duración. Puede mencionarse también al profesor J. Pombo, que después de realizar su tesis doctoral, en Lisboa, bajo el título «A multibody methodology for railway dynamics application» (2004), y al profesor R. Calçada, de Oporto, que después de su tesis doctoral «Avaliação experimental e numérica de efeitos dinâmicos de cargas de tráfego em pontes rodoviárias» (2003), llevan a cabo en la actualidad estudios de investigación en el ámbito ferroviario.

5. Conclusión

La investigación llevada a cabo con ocasión de la preparación de este artículo, permite afirmar que desde la aparición del ferrocarril en el siglo XIX, la Universidad europea ha jugado un papel muy relevante en el desarrollo de este modo de transporte. La contribución se ha producido a dos niveles: el primero mediante la publicación de libros técnicos que facilitasen la formación de los profesionales del sector, el segundo a través de la aportación de nuevos conocimientos por investigaciones que en ocasiones dieron lugar a tesis doctorales. En este contexto la contribución de la Universidad española ha sido destacada.

6. Agradecimientos

El autor desea reconocer la ayuda proporcionada por los responsables de: la Biblioteca de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, y las Bibliotecas de las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros de Caminos de Madrid y de Ingenieros Industriales de Madrid y Barcelona, en la búsqueda de algunos documentos. ♦

Referencias:

La bibliografía se encuentra indicada en los cuadros del artículo, motivo por el cual no se vuelven a mencionar en este apartado